

Toni Viljakainen

TYÖOHJE:
PIENJÄNNITEISEN
ILMAJOHTOVERKON SANEERAUS
MAAKAAPELIVERKOKSI

Opinnäytetyö
Sähkötekniikka


Helmikuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 24.2.2012	
Tekijä(t) Toni Viljakainen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Pienjännitteisen ilmajohtoverkon saneeraus maakaapeliverkoksi - Työohje			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä käsitellään pienjännitteisen ilmajohtoverkon saneerausta maakaapeliverkoksi. Opinnäytetyössä pyritään selvittämään mahdollisimman yksityiskohtaisesti tähän liittyvät työvaiheet, rakenteet, määräykset ja turvallisuusasiat. Maakaapeloinnin lisääntyessä työtapojen ja menetelmien jatkuva kehittäminen korostuu.</p> <p>Ennen työkohteen aloittamista on syytä tehdä tarvittavat suunnitteluun ja lupahankintaan liittyvät toimenpiteet. Sijoittamisluvat tulee hankkia maanomistajalta ennen pysyvien rakenteiden sijoittamista maastoon. Myös muut luvat, kuten maan- ja tien käyttöoikeudet, on oltava kunnossa ennen työn aloittamista.</p> <p>Sähköverkon rakentamisessa ja suunnittelussa on noudatettava standardien mukaisia rakenteita ja määräyksiä. Pienjännitteisen sähköverkon rakenteet määräytyvät standardin SFS 6000 mukaan. Uusille sähkölaitteistoille on tehtävä käyttöönottotarkastus, josta selviää että standardia SFS 6000 on noudatettu.</p> <p>Sähköverkon rakentamisessa turvallisuusriskit on osattava tunnistaa etukäteen. Tällaisissa työkohteissa turvallisuusriskit liittyvät sähkö- ja rakennusteknisiin seikkoihin. Näiden turvallisuusriskien tunnistamiseen on tehty erilaisia turvallisuusoppaita ja verkostostandardeja. Tärkein turvallisuusstandardi sähköalalla on sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002.</p>			
Asiasanat (avainsanat) maakaapelointi, sähköverkon saneeraus, työohje, SFS 6000			
Sivumäärä 38 + 7 liitettä		Kieli Suomi	
		URN http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203283864	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Keijo Kiljala		Opinnäytetyön toimeksiantaja Empower Oy	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 24.2.2012	
Author(s) Toni Viljakainen		Degree programme and option Degree Programme in Electrical Engineering	
Name of the bachelor's thesis Work instruction: Substitution of low voltage overhead lines to underground cables			
Abstract <p>In this bachelor of science thesis a replacement of overhead lines with underground cables in a low voltage network is studied. Work phases, structures, instructions and safety issues are described. Increasing volumes of underground cabling has brought about the need for the constant development of work methods and procedures.</p> <p>Before starting this kind of project planning and permission procedure have to be implemented. Before placing permanent structures, permissions have to be asked from the land owners. There are also other permissions like the rights for land and road usage which have to be gained before starting the projects.</p> <p>Standardized structures and instructions have to be followed in the construction and planning of electricity networks. Structures for low voltage electricity networks are based on the standard SFS 6000. Commissioning inspections have to be done for all the new electricity equipments. By doing that it can be verified that standard SFS 6000 is followed.</p> <p>In the construction of electricity networks safety risks have to be predicted. In this kind of projects safety risks are related to electrical and constructional issues. Different kinds of safety instructions and network standards have been made for recognising those safety risks. The standard SFS 6002 for the safety at electrical work is the most important safety standard in the field of electricity.</p>			
Subject headings, (keywords) underground cabling, reconstruction of electricity networks, work instruction, SFS 6000			
Pages 38 + 7 appendix		Language Finnish	
		URN http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203283864	
Remarks, notes on appendices 			
Tutor Keijo Kiljala		Bachelor's thesis assigned by Empower Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TYÖKOHDDE.....	2
2.1	Nykytila	2
2.2	Tavoitetila	3
3	ALKUTOIMENPITEET	3
3.1	Maan- ja tienkäyttö	4
3.2	Sijoittamissopimus.....	4
3.3	Suunnittelu	4
3.4	Materiaalihankinnat	5
3.5	Urakkakustannus.....	6
4	RAKENTAMINEN.....	7
4.1	Kaapelointi.....	7
4.1.1	Kaapelityypin valinta	8
4.1.2	Kaapelin mitoittaminen.....	8
4.1.3	Kaapelointitavat	11
4.1.4	Asentaminen ja suojaus.....	12
4.1.5	Kaapelijatkot ja -päätteet	13
4.2	Jakokaapit	15
4.2.1	Laitteistojen valinta.....	15
4.2.2	Asentaminen	17
4.3	Jonovarokkeet	18
4.4	Suojaukset.....	19
4.4.1	Sulakkeiden mitoittaminen	20
4.4.2	Selektiivisyys	21
4.5	Maadoitukset.....	22
4.6	Kytkenät.....	23
4.6.1	Runkokaapeli	23
4.6.2	Liittymiskaapelit	24
4.7	Työskentelytavat.....	24
4.7.1	Jännitteettömänä työskentely	25
4.7.2	Jännitteisenä työskentely	26
5	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	27

5.1	Aistinvarainen tarkastus.....	27
5.2	Mittaukset ja testaukset.....	28
6	TURVALLISUUS.....	29
6.1	Työturvallisuus	30
6.2	Sähkötyöturvallisuus.....	30
6.3	Tulityö.....	31
6.4	Nostotyö.....	32
6.5	Purkutyö.....	33
7	POHDINTA	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Nykyään puhutaan paljon sähköjakelun keskeytyksistä ja niiden vähentämisestä. Maakaapelointi on yksi tehokas keino vähentää sähköjakelun keskeytyksiä. Maakaapeloinnin yleistymisen myötä työtavat kehittyvät jatkuvasti. Oikeilla työtavoilla ja työkohteen suunnittelulla voidaan vaikuttaa työkohteen taloudellisuuteen, tulevaisuuden tarpeisiin ja turvallisuuden lisäämiseen.

Tällaiset työkohteet ovat nykyään yleisiä, mikäli halutaan lisätä jakeluverkon luotettavuutta ja vähentää sähköjakelun keskeytyksiä. Maakaapelointi ilmajohtojen sijaan lisää myös alueen siisteyttä ja viihtyvyyttä. Myös sulakesuojaus paranee muutoksen yhteydessä. Opinnäytetyöni pohjautuu todelliseen työkohteeseen, joten mukana on paljon myös käytännön työohjeita.

Työkohde sijaitsee Mikkelin Rantakylässä ja sähköverkon omistaa ESE-Verkko Oy. Työn toimeksiantaja on ESE-Verkon aliurakoinnista vastaava Empower Oy, jossa työskentelin kesän 2011 tiimipäällikön sijaisena. Työkohde sai alkunsa kesällä 2011, kun Mikkelin vesilaitos aloitti vesi- ja viemäriverkon saneerauksen ja ESE-Verkko saneerasi samalla myös sähköverkon. Maanrakennus-urakoinnista vastasi Jari.T.Liukkonen Oy. Opinnäytetyöni yhdyshenkilönä toimi Empower Oy:n asennuspäällikkö Mikko Romo.

2 TYÖKOHDDE

Saneerauskohde sijaitsee Mikkelin Rantakylässä, noin 7 km Mikkelin keskustasta. Työkohte on rauhallinen asuinalue, joka sisältää 11 omakotitaloa ja 2 rivitaloa. Alueen vanha sähköverkko muodostuu pylväsmuuntajasta ja AMKA- ilmajohtoista. Työkohteen omakotitalot ovat pieniä (alle 100m²). Talot kuuluvat Etelä-Savon Energian kaukolämpöverkkoon, joten sähkönkulutus ei ole alueella kovin suurta.

2.1 Nykytila

Lenkkitien PJ- sähkönjakelun syöttö tapahtuu 650kVA pylväsmuuntajalta. Pylväsmuuntajan lähdöt on varustettu pylväsvarokkeilla. Sama muuntaja syöttää myös tien toisella puolella sijaitsevaa ilmajohtoverkkoa, jota ei saneerata. Pylväsvarokkeilla suojataan kaapelia vikatilanteilta. Varokkeilta lähtevät johtimet ovat tyypiltään 120 mm² AMKA- riippukierrejohtoja. AMKA- johtimet ovat eniten PJ- ilmajohtoverkoissa käytettyjä johtimia. Johtimet on kierretty alumiinisen kannatinjohtimen ympärillä. Kannatin, joka myös toimii nollajohtimena, kannattaa koko kaapelin painon. Alueen katuvalot on kiinnitetty pylväisiin.

Talojen liittymiskaapeloinnit on toteutettu AMCMK- maakaapelilla. Maakaapeli on yhdistetty AMKA- linjaan kosketusliittimillä. Kaapeli kulkee pylvästä pitkin maahan kiinnitettynä siihen. Pylvään juurelta kaapeli on kaivettu maahan ja siitä edelleen asiakkaan pääkeskukselle. Omakotitalojen syöttökaapelit ovat 3*16mm²+10 AMCMK kaapelia. Yhden talon liittymiskaapelin vahvuus on 3*35mm²+16 AMCMK suorasta sähkölämmityksestä johtuen. Rivitalojen syöttökaapeli on vahvuudeltaan 3*70+21 AMCMK.

Alueen sulakesuojaus koostui aikaisemmin pelkästään muuntajalla olevista pylväsvarokkeista. Seuraavat sulakkeet ovat vasta kuluttajan pääkeskuksessa sijaitsevat pääsulakkeet. Tällä rakenteella selektiivisyyttä ei alueella ollut, joten oikosulusta johtuvan vian sattuessa runkoverkkoon, kaikki alueen sähkönkuluttajat olivat sähköttä.

2.2 Tavoittila

Tarkoituksena on poistaa ilmajohdot ja pylväätkoko alueen PJ- jakelun osalta. Pylväsmuuntaja syöttää jatkossakin alueen sähköjä, mutta AMKA- johtimet poistuvat ja syötöt toteutetaan maakaapeloinnilla. Myös pylväsvarokkeet poistuvat ja syöttökaapelin suojaus toteutetaan muuntajan alapuolella sijaitsevassa muuntajakaapissa, joka asennettiin jo ennen Lenkkitien työmaan alkua. Lisäksi alueelle rakennetaan rengas- syöttömahdollisuus toiselta muuntajalta. Tien toisella puolella oleva alue säilytetään ilmajohdoverkkona. Maakaapeli tuodaan tien ali, nostetaan pylvääseen ja kytketään AMKA- linjaan.

Alueelle tulee 3 uutta jakokaappia, joihin kuluttajien syöttökaapelit käännetään tai tarvittaessa jatketaan. Vanhat liittymiskaapelit pystytään siis hyödyntämään eikä kuluttajien omia pihvoja tarvitsee kaivaa auki. Lisäksi jakokaapeille tulee selektiivisesti valitut välisulakkeet. Tällä keinolla myös suojauksen taso paranee. Kaikki vanhat rakenteet puretaan talojen liittymiskaapeleita lukuun ottamatta ja jäljelle jää ainoastaan uusi maakaapeliverkko ja jakokaapit.

Lisäksi katuvalojen saneeraus tehdään samassa yhteydessä. En tarkastele opinnäytetyössäni katuvalojen saneerausta sen tarkemmin, koska niiden urakoitsija on eri. Katuvalojen kaapelit (AXMK 4x25) vedettiin muiden kaapelien kanssa samaan ojaan. Lisäksi jalustat uusille valopylväille asennettiin.

3 ALKUTOIMENPITEET

Työkohteen aloittaminen vaatii aina suunnitteluvaiheen, jossa suunnitellaan verkon rakenne kaapeleiden ja muiden rakenteiden osalta. Tässä työkohteessa suunnittelun hoiti ESE-Verkko Oy. Ennen työkohteen aloittamista on hankittava myös luvat kaupungilta, kunnalta tai muulta maan omistajalta tilanteen mukaan. Lupahakemukset hoiti myös ESE-Verkko. Resurssointi on myös syytä suunnitella etukäteen, varsinkin jos aiotaan käyttää aliurakointia jossain työvaiheessa.

3.1 Maan- ja tienkäyttö

Ennen työmaan aloittamista on hankittava luvat maan- ja tienkäytöstä. Kaduilla ja muilla yleisillä alueilla ei saa tehdä töitä ilman kunnan suostumusta. Yleensä verkko-yhtiö hakee lupaa kaupungilta. Kaupunki voi myös evätä hakemuksen, jos esimerkiksi ajankohta ei ole sopiva tai kyseisellä alueella ei jostain syystä kaivutöitä voida suorittaa. Pääasiassa hakemus on kuitenkin vain muodollisuus, joka on vain aina tehtävä. Tämä toimii samalla myös ilmoituksena kaupungille. Liitteenä 3 on lomake, jolla lupaa Mikkelin kaupungilta haetaan. Hakulomakkeet löytyvät Mikkelin kaupungin www-sivustolta. Lupahakemuksen käsittelystä peritään kunnan määrittelemä hinta. Hakemuksen tärkeimmät täytettävät kohdat ovat työnsuorittaja, ajankohta, työnkuvaus ja suunnitelmakartta.

Lupa tarvitaan seuraaviin töihin:

”...kaivutyöt, kiinteistön rakentamis- ja korjaamistyöt, joiden suorittamiseksi rajataan osa kadusta tai yleisestä alueesta työmaaksi, kiinteistöjen vesijohto-, sähkö-, kaukolämpö- ja viemäriiliitynnät, kadulle pystytettävät rakennustelineet, kadulta tapahtuvat nostot, kuormalavojen säilyttäminen kadulla, työmaakoppien säilyttäminen kadulla, kattolumien pudottaminen kadulle tai muut vastaavat työt.” (Mikkelin kaupunki 2012).

3.2 Sijoittamissopimus

Pysyvän johdon, kaapelin tai muun laitteen sijoittaminen katu- tai muulle yhteiselle alueelle on luvanvaraista. Lupaa haetaan maanomistajalta, joka voi olla kunta tai yksityinen henkilö. Lenkkitiellä luvat on hankittava kaapeleille ja jakokaapeille. Lupaa haetaan Mikkelin kaupungilta. Liitteenä 4 on Mikkelin kaupungin vaatima sijoittamissopimuksen pohja. (Mikkelin kaupunki 2012)

3.3 Suunnittelu

Kaapelikartat alueen nykyisistä kaapeleista tulee hankkia ennen maanrakennustyön aloittamista. Kaapelitietojen hankinnassa täytyy arvioida, minkä yhtiön omistamia kaapeleita alueelle on mahdollisesti kaivettu. Koska sähkö- ja puhelinjohdot olivat ilmassa, pystyi siitä päättämään, että maassa ei kaapeleita kulje. Varmuuden vuoksi

kuitenkin hankin kaapelikartat ESE-Verkolta, Mikkelin puhelinyhdistykseltä ja lisäksi Johtotietopalvelusta. Johtotietopalvelu kattaa Mikkelin alueella Elisan, Soneran ja TDC:n kaapelikartat.

Ennen työmaan aloittamista kannattaa työmaa aikatauluttaa, jotta saataisiin arvio työmaan kestosta ja työvaiheiden ajankohdista. Tämä auttaa työmaan aikatauluttamisessa ja materiaalitalauksia tehtäessä. Tämä työmaa oli kuitenkin pitkälti riippuvainen maanrakennusurakoitsijan aikatauluista, joten työmaan tarkka aikatauluttaminen oli lähes mahdotonta, karkeita arvioita lukuun ottamatta.

Suunnitelmakuvista ja paikan päällä käymällä on mahdollista selvittää työkohteen tarvikelista, jos sellaista ei ole vielä tehty. Kaapelipituudet kannattaa suunnitella hie-
man yläkanttiin, jotta kaapeli ei loppuisi kesken. Kuitenkin materiaalikustannukset pyritään pitämään mahdollisimman alhaisina. Urakointiyhtiö voi kuitenkin tarvittaessa hyödyntää ylijäävän materiaalin seuraavassa työkohteessa. Käytin kaapelin määrän laskemiseen arviota, johon lisäsin vielä 10%.

3.4 Materiaalihankinnat

Suunnitelman pohjalta materiaalit tilataan jo etukäteen tukkuliikkeestä. Empower Oy käyttää tilauksissa ensisijaisesti Onninen Oy:tä. Lisäksi Empower Oy:n tiloissa on Onninen Oy:n kaupintavarasto, joka sisältää asennuksiin käytettäviä materiaaleja. Näitä voidaan tarpeen vaatiessa käyttää mutta työmaata aloitettaessa kannattaa myös liittimet ja muut asennukseen tarvittavat tarvikkeet tilata erikseen. Kokosin listan työssä tarvittavista materiaaleista. Laitoin listaan lisäksi selityksen niiden käyttötarkoitukselta.

Taulukko 1. Työkohteen tarvikelista

VERKON RAKENTEET	YKS	MÄÄRÄ	SELITE
MAAKAAPELI AXMK 4x185 S	M	500	RUNKOKAAPELIKSI
MAAKAAPELI AXMK 4x35 S	M	20	LIITTYMISKAPELIKSI
MAAKAAPELI AXMK 4x16 S	M	250	LIITTYMISKAPELIKSI
PJ-MAAKAAPELIJATKO AMC16/AX16	KPL	7	JATKOT LIITTYMISKAPELEILLE
PJ-MAAKAAPELIJATKO AMC35/AX35	KPL	1	JATKOT LIITTYMISKAPELEILLE
JAKOKAAPPI MJSJKIK + JALUSTA	KPL	3	JAKOKAAPIT ALUEELLE
JONOVAROKKE 00 (160A)	KPL	12	JONOVAROKKEET LIITTYMISKAPELEILLE
JONOVAROKKE 2 (400 A)	KPL	3	JONOVAROKKEET RUNKOKAAPELEILLE
JONOVAROKKE 3 (630 A)	KPL	5	JONOVAROKKEET RUNKOKAAPELEILLE

ASENNUSTARVIKKEET	Yks	MÄÄRÄ	SELITE
KAHVASULAKE 50 A (x3)	KPL	12	OMAKOTITALOJEN SUOJAUKSET
KAHVASULAKE 125 A (x3)	KPL	1	RIVITALON SUOJAUS
KAHVASULAKE 160 A (x3)	KPL	1	NYKYISELLE PYLVÄÄLLE LÄHTEVÄ
KAHVASULAKE 200 A (x3)	KPL	1	RUNKOKAAPELIN SUOJAUS (JK 987)
KAHVASULAKE 250 A (x3)	KPL	1	MMO 165 MUUNTAJAN JAKOKAAPILLE
OIKOSULKUVEITSISARJA 2 (400A)	KPL	1	JK:985:LLE TULEVAN PÄÄN JONOVAROKKE
OIKOSULKUVEITSISARJA 3 (630A)	KPL	2	JK:LLE TULEVAN PÄÄN JONOVAROKKE
LIITINSARJA (3x) 95-240 MM ² AL/CU	KPL	3	RUNKOKAAPELIN LIITTÄMISEEN
TUPLA LIITINSARJA (3x) 95-240 MM ² AL/CU	KPL	5	TUPLA RUNKOKAAPELIN LIITTÄMISEEN
PEN-LIITIN 6-35MM	KPL	11	LIITTYMISKAAPELIEN PEN (JK)
PEN-LIITIN 70-185MM	KPL	11	RUNKOKAAPELI PEN (JK)
+ MERKINTÄKILVET JA KAAPELISUOJAT			JONOVAROKKEISIIN
MUUTA	SELITE		
JAKOKAAPPIEN AURAUSKEPIT	JAKOKAAPEILLE MERKIKSI LUMIAUROILLE		
KAAPELIMERKINNÄT	JAKOKAAPEILLE KAAPELIMERKINNÄT		
JAKOKAAPIN NRO LAATAT	JAKOKAAPIT MERKITTÄVÄ SELKEÄSTI NUMEROLLA		
A-LUOKAN 140MM ² MUOVIPUTKEA	TIEN ALITUKSIIN		
140MM ² PUTKEN JATKO MUHVIT	PUTKEN JATKAMISEEN		
VAROITUSNAUHA	KAAPELIOJAAN VAROITUSNAUHA		

3.5 Urakkakustannus

Koska opinnäytetyöni on rakentamiseen ja suunnitteluun tarkoitettu työohje, en käsittele kustannuksien suuruutta tarkemmin. Jotta lukija saisi jonkinlaisen kuvan kustannuksista, työkohteen Lenkkitie karkea kustannus on 20 000-30 000€:n välillä.

Urakkahintojen laskemiseen yritykset ovat luoneet omia laskentaohjelmia. Usein käytetään Excel-pohjaisia laskentataulukkoita, koska niitä on helppo päivittää materiaalihintojen muuttuessa. Helpoin tapa on laskea urakkahinta työvaiheiden mukaan. Esimerkiksi työlle ”185 AXMK kaapelin asentamiselle maahan” on laskettu taulukkoon oma yksikköhintansa. Hinta koostuu materiaali- ja työnosuudenhinnasta. Materiaalihinta koostuu sen hetkisestä keskihinnasta. Työnosuudenhinta on arvio työnkestosta*tuntiveloitus. Tällaisia laskemista helpottavia taulukoita tarjoavat erilaiset sisällöntuottajayritykset, joita sähköalalla ovat mm. Headpower Oy ja Adato Oy.

Headpower Oy on yritys, joka tuottaa sisältö- ja sovelluspohjaisia palvelukokonaisuuksia energia- ja telesektorille. Empower Oy on myös ostanut Headpower Oy:lta palveluja. Headpower Oy:n www-palvelun kautta löytyvät päivitettyt yksikköhintataulukot, joita käyttämällä muodostuivat urakkahinnat. Käytin opinnäytetyössäni lähteinä myös muita Headpowerin tarjoamia ohjeita. (Headpower 2012).

4 RAKENTAMINEN

Suomessa sähköverkon rakentamisessa noudatetaan SFS 6000 standardin mukaisia rakenteita ja määräyksiä. Sähköurakoitsijan on tehtävä työmaan loputtua laitteistolle käyttöönottotarkastus, josta selviää että rakenteet vastaavat vaadittua tasoa.

Työmaa alkoi maanrakennuksella, jonka suoritti Jari.T Liukkonen Oy. Toimitimme tässä vaiheessa kaapelit ja jakokaappien jalustat työkohteeseen. Sopimuksena oli, että maanrakennusurakoitsija asentaa kaapelit, maadoituskuparit ja jakokaappien jalustat niille merkityille paikoille. Seurasin työmaan kulkua ja opastin heitä työssään. Lisäksi pidin verkkoyhtiön henkilöt ajan tasalla työkohteen etenemisestä.

Maanrakennustyövaiheen tärkeimpiä huomioon otettavia seikkoja ovat kaapelien asennussyvyyydet ja jakokaappien jalustojen asentaminen oikeaan sijaintiin. Mikäli maanrakentaja vetää kaapelit, on otettava huomioon, että maanrakennusurakoitsijalta ei välttämättä löydy sähkötekniistä osaamista, jonka vuoksi kaapelien asennuksien päävastuu on työnohjaajalle eli tässä työkohteessa minulle. Kun maanrakennusurakoitsija oli saanut kaapelit vedettyä ja jalustat asennettua, ohjasin sähköasentajat paikalle. Jakokaapit kiinnitettiin jalustoihin ja runko- ja liittymiskaapelien kytkeminen aloitettiin.

4.1 Kaapelointi

Maakaapelointiin käytetään siihen tarkoitettuja kaapeleita. Maakaapelit ovat mekaanisesti kestäviä vaipallisia kaapeleita. Kaapelit voivat sisältää myös kosketussuojauksen. Tämä kosketussuojaus on toteutettu esim. konsentrisella kuparilla vaihejohtimien ympärillä. Tämä suojaa ihmistä esimerkiksi pistolapion lävistäessä kaapelin suojakuoren. Konsentrisenjohtimen sisältää esim. MCMK- kaapelityypit. Kaapelityyppi valitaan työkohteen tarpeiden ja yhtiön yleisen käytännön mukaan. (SFS 600 2007, SFS 6000-8-814).

Työkohteeseen valittiin AXMK- kaapelityypin kaapelit. Suunnitelma työkohteesta liitteenä (Liite 1.) AXMK on alumiinijohtiminen XLPE- eristeinen ja PVC- vaippainen pienjännitteinen voimakaapeli. Kaapelissa ei ole konsentrista metallisuojaaja eikä

sitä tässä työkohteessa tarvitakaan. Jakokaappeja syöttää 4*185mm² AXMK- voimakaapeli. Muuntajien välillä oleva runkokaapelointi on 2x4*185mm² AXMK. Liittymiskaapelina käytetään 4*16 mm² AXMK. Rivitalonsyöttönä toimii 4*70mm² AXMK ja yhden omakotitalon syöttönä 4*35mm² AXMK. Rivitalojen syöttö on liitetty toisiinsa, joten sille tarvitaan vain yksi liittymiskaapeli. Vanhat liittymiskaapelit ovat MCMK- tyyppin kaapeleita, jotka käännetään suoraan uusiin jakokaappeihin tai tarvittaessa jatketaan uusiin AXMK- tyyppin kaapeleihin.

Maahan asennetut kaapelit ja niiden sijainnit on dokumentoitava verkkoyhtiön toimesta. ESE-Verkko käyttää kaapeleiden dokumentointiin GPS- koordinaatistoon perustuvaa tapaa. Se on tällä hetkellä yleisin, vaivattomin ja tarkin tapa merkitä kaapelit verkkotietojärjestelmään. (SFS 600 2007, SFS 6000-8-814.3).

4.1.1 Kaapelityypin valinta

Kaapelia valittaessa otetaan huomioon, että sen hankinta-, asennus-, kunnossapito- ja häviökustannukset ovat mahdollisimman pienet. Lisäksi kaapelin tulisi kuulua ns. suosituimmuuskaapeleihin. Tämä tarkoittaa sitä, että se kuuluu normaalisti valmistettaviin kaapeleihin. Suosituimmuuskaapelien etuna on niiden toimitusaikojen lyhyys, koska kaapelivalmistajat valmistavat etupäässä suosituimmuuskaapeleita. Lisäksi asentajien asennustyöt (päätteiden teot yms.) voidaan vakioda ja lisäkoulutusta ei tarvita. Tämä voi vaikuttaa myös vähentävästi työkaluhankintoihin. Työkohteessa käytetyt AXMK- kaapelit (16, 35 ja 185 mm²) kuuluvat ns. suosituimmuuskaapeleihin. Suosituimmuuskaapelien poikkipinta-alat ovat 16, 35, 70, 120, 185, 300 mm² (TTT-käsikirja 2000b).

Kaapelin sähköiset ominaisuuden vaikuttavat kaapelin valintaan. Kaapelin mekaaniset ominaisuudet vaikuttavat myös kaapelin valintaan. Tähän vaikuttaa kaapelin vaipan materiaali ja rakenne. Esimerkiksi aurakaapelina käytetään siihen tarkoitettua kaapelia. Sen vaippa on mekaanisesti kestävämpää. (TTT-käsikirja 2000b).

4.1.2 Kaapelin mitoittaminen

Kaapelin mitoituksessa tärkein asia on kaapelin termisten ominaisuuksien tarkastelu. Kohteessa käytetty AXMK- maakaapelin maksimi käyttölämpötila kuormituksessa on

70°C, erityisolosuhteissa 90°C ja oikosulussa 250°C. Kaapeli ei saa ylikuormittua missään tilanteessa tai se voi vaurioitua kuumenemisen takia. Mahdollisen ylikuormittumisen estämiseksi on sulakesuojaus suunniteltava niin, että kaapelit eivät vaurioidu. Jännitteenaleneman tulee myös pysyä sallituissa rajoissa. Kaapelin AXMK 185 suurin sallittu 1 sekunnin oikosulkuvirta on 17,4kA (70°C > 250°C). (Johtimet ja kaapelit luettelo 2010).

Kaapelinkuormitus

Kaapelin mitoituksessa on otettava huomioon alueen yhteenlaskettu kuormitusteho. Alueen kuormitusteho saadaan yhteen laskemalla alueen kuluttajien keskiarvohuippu-tehot. Kuten taulukosta 2 huomaa, että runkokaapelina käytetyn AXMK 4*185 mm²:n jatkuva kuormitusvirta on maksimissaan 365A. Kaapelin mitoituksessa otetaan huomioon myös tulevaisuuden kasvava kulutus. (Johtimet ja kaapelit luettelo 2010).

TAULUKKO 2. Kaapeleiden sallittu jatkuva kuormitusvirta (TTT-käsikirja 2000b).

Johtimen poikkipinta mm ²	≤ 6/10 (12) kV								>6/10 (12) ≤ 18/30 (36) kV			
	Kupari				Alumiini				Kupari		Alumiini	
	PVC		XLPE tai EPR		PVC		XLPE tai EPR		XLPE tai EPR			
	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa	Ilmassa	Maassa
25	120	130	155	160	93	100	120	125	160	160	125	125
35	145	160	190	190	115	120	145	150	195	190	150	145
50	175	185	225	225	135	145	175	175	230	225	175	175
70	215	230	280	275	165	180	215	215	280	270	220	210
95	260	275	340	330	205	210	260	255	345	330	265	255
120	300	310	385	370	235	240	300	290	395	370	305	290
150	340	345	445	420	265	270	345	325	450	415	345	320
185	385	390	510	470	300	305	395	365	510	465	395	360
240	450	450	590	540	355	350	465	425	600	540	470	420

Jännitteenalenema

Jännitteenalenema on yksi tärkeimmistä huomioon otettavista asioista sähköverkkoa suunnitellessa. ”Vuonna 2000 astui voimaan standardi SFS-EN 50160 ”Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet”, jonka mukaan asiakkaan ja jakeluverkonhaltijan välisessä sopimuksessa tarkoitetun verkkojen liittämiskohdassa jakelujännitteen ei tulisi yleensä vaihdella enempää kuin 230V ± 10%” (Energiateollisuus ry 2009). Tämän perusteella jännitteen tulisi olla kuluttajalla välillä 207–253V.

”Verkostosuosituksena ja suunnitteluohjeena uusille 0,4kV pienjänniteverkoille sekä niiden peruskorjauksille tulee kuitenkin noudattaa jännitteen vaihtelurajoina enintään arvoja $230\text{V} \pm 6\%$ eli arvoja 216–244V.” (Energiateollisuus ry 2009).

Jännitteenalenemaan vaikuttaa kaapelin pituus, kaapelin resistanssi ja reaktanssi. Verkon muotoa muuttamalla voidaan alenemat pitää sallituissa rajoissa. Mikäli verkon muotoa ei voida muuttaa, alenemaa voidaan laskea nostamalla kaapelin poikkipinta-alaa. Kuvassa 1 on esitetty, kuinka kaapelin pituus ja poikkipinta-ala vaikuttavat jännitteenalenemaan. Jännitteenaleneman laskemiseen on erilaisia laskukaavoja. (Energiateollisuus ry 2009). Kaavassa 1 on esitetty jännitteenaleneman laskukaava.

$$U_h = I(R\cos\varphi + X\sin\varphi) \quad (1)$$

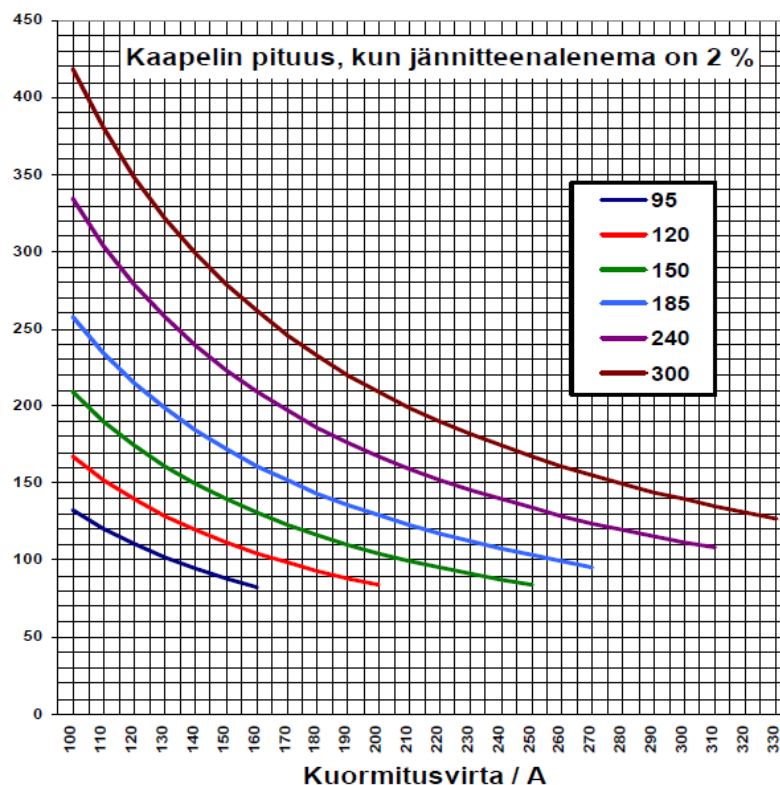
U_h = Vaihejännitteen alenema

I = Johtimen virta

R = Johtimen vaihtovirtaresistanssi

X = Johtimen reaktanssi

φ = Vaihejännitteen ja -virran välinen vaihesiirtokulma



Kuva 1. Jännitteenalenema (Energiateollisuus ry 2009)

Ulkoiset tekijät

Lisäksi kaapelin mitoituksessa on otettava huomioon erilaiset korjauskertoimet. Korjauskerroin tarkoittaa sitä, että esimerkiksi maaperä, asennustapa, vierekkäisten

Taulukko 3. Asennussyvyyden korjauskertoimet eri jännitteillä (TTT-käsikirja 2000b)

Asennus-syvyys	Kaapelin nimellisjännite		
m	0,6 / 1 kV	6/10...12 / 20 kV	64 / 110 kV
0,50...0,70	1,00	1,00	1,05
0,71...0,90	0,97	0,99	1,02
0,91...1,10	0,95	0,98	1,00
1,11...1,30	0,93	0,96	0,97
1,31...1,50	0,92	0,95	0,95

kaapelien määrät tms. laskevat kaapelin maksimi kuormitusvirta-arvoa. Referenssiasennustavat on luetteloitu standardissa SFS 6000 (SFS 6000 2008). Mikäli halutaan käyttää taulukon 2 virta-arvoja, täytyy korjauskertoimen olla 1 tai hyvin lähellä sitä. Korjauskertoimen ollessa esim. 0,9, muuttuu AXMK 185mm²:n maksimi kuormituskestoisuus 365A:sta 328A:ksi, jossa on jo huomattava ero. Taulukossa 3 on esimerkkinä korjauskertoimia. Kaapelien asennussyvyys työkohteessa on 0,7m, joten korjauskertoimeksi saadaan 1. Asennussyvyys ei siis vaikuta kaapelin kuormitettavuuteen tässä kohteessa.

4.1.3 Kaapelointitavat

Maakaapelointitavat ovat kaivaminen ja auraaminen. Auraamisen mahdollisuus riippuu työkohteen maaperästä. Auraaminen vaatii pehmeän ja hyvälaatuisen maaperän. Auraamiseen käytetään kaapeliauraa, joka asentaa kaapelin, maadoitusköyden ja kaapelivaroitussauhan suoraan maahan ilman kaivamista. Aura asentaa kaapelin suositeltuun syvyyteen 0,7m. Kaapeliaurojen koot vaihtelevat kaapelin poikkipinta-alan mukaan. ”Esiauraaminen eli auraslinjan läpikäyminen auralla ilman kaapelia on aina suositeltavaa. Tämä koskee erityisesti kivistä tai muuten haastavaa maaperää”. (Työskentelyohje 2011).

Yleisempi kaapelointitapa on kaapeliojan kaivaminen. Myös tässä työkohteessa kaapeli asennettiin kaivamalla kaapelioja. Kaapelin kaivamisessa tehdään ensin n.0,7m syvä kaapelioja, johon kaapeli asennetaan ojan pohjalle. Kaapeli levitetään yleensä

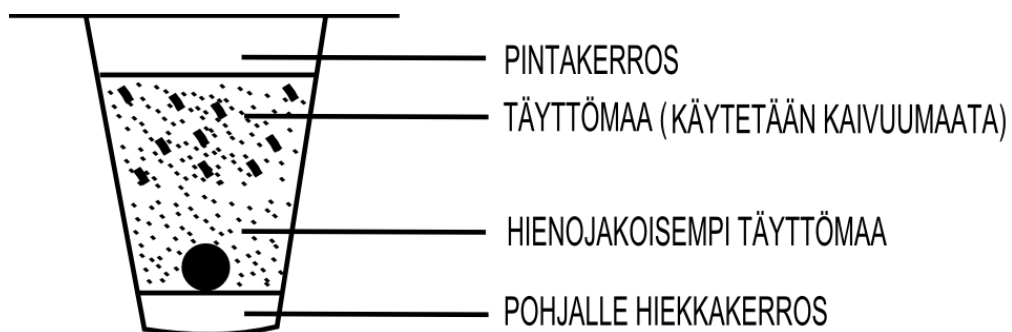
suoraan kelaalta käyttäen apuna esimerkiksi kaivinkonetta tai auton nosturia. Kaapelikelan nostamiseen on suunniteltu erilaisia apuvälineitä, joita ovat mm. raksit, leikarit, liinat. Lisätietoa nostotyöstä löytyy turvallisuus-osioista. Kaapelin levittämiseen voidaan käyttää myös vetokoneita tai vinssejä. Tämän jälkeen oja peitetään. Ojaan laiteetaan lisäksi kaapelivaroitusnauha varoittamaan kaapelista myöhempää kaivamista varten. Kaapelivaroitusnauhan asennussyvyys on n. 20–40cm maan pinnasta ja suoraan kaapelin yläpuolelle. Esimerkki kaapelivaroitusnauhan ohjetekstistä on esitetty kuvassa 2. (SFS 600 2007, SFS 6000-8-814).



otusnauhat)

4.1.4 Asentaminen ja suojaus

Kaapeli on asennettava riittävän syvälle riippuen maan laadusta tai käyttötarkoituksesta. Yleinen ohjesyvyys pienjännitekaapelille on 0,7m. Mikäli ohjesyvyys ei täyty, suositellaan käytettävän kaapelissa konsentrista kuparia tai vastaavaa kosketussuojausta. Myös putkilla ja kouruilla suojaaminen näissä tilanteissa on harkinnan mukaan sallittua. (SFS 600 2007, SFS 6000-8-814).



Kuva 3. Kaapelioja

Maakaapeli tulee aina suojata teräviltä esineiltä esim. kiviltä ja soralta. Jos maaperä on kivikkoinen, kannattaa kaapeli suojata hienojakoisella hiekalla eli eristehiekalla. Jos

kaapeli on kaivettu tien alle tai paikkaan, jossa se muuten joutuu mekaanisen rasituksen alaiseksi, kannattaa kaapeli suojata putkilla tai kouruilla. Suojaputkilla ja -kouruilla on omat suojausluokkansa. A- suojausluokan putket ovat kaikkein kestävimpiä rakenteeltaan. Sitä käytetään tien alituksissa. Kevyenliikenteen alituksiin riittävä suojausluokka on B. (SFS 600 2007, SFS 6000-814).

Jos samassa kaapeliojassa kulkee myös telekaapeleita, on niiden ja sähkökaapeleiden väliin jätettävä maata. Myös 20kV kaapelit on erotettava pienjännitekaapeleista. Kaapeloidessa eri jännitetaso kaapeleita samaan kaapeliojaan yleinen ohjesääntö on, että suuremman jännitetaso kaapelit ovat syvemmällä. (SFS 600 2007, SFS 6000-8-814).

Jos sähkökaapeli risteää kaukolämpöputkien kanssa, on otettava huomioon kaukolämpöputken lämmittävä vaikutus. Tämä voi pahimmassa tapauksessa ylittää kaapelin termisen kestoisuuden. Tämäkin seikka on otettava huomioon mitoittaessa kaapeleita. Mikäli kaukolämpöputkia on kaapelireitillä, niiden väliin voi sijoittaa esimerkiksi styroksia tai muuta lämmöneristettä. Uusien kaukolämpöputkien eristys on jo varsin hyvä, joten lisätoimenpiteitä ei välttämättä tarvita.

4.1.5 Kaapelijatkot ja -päätteet

Mikäli kaapeli kytketään paikkaan, jossa katkaistun kaapelin vaipan sisään voi päästä kosteutta tai jopa vesi ja lika, on kaapeliin tehtävä tiivis pääte. Tällaisia päätteitä ovat kutistepäätteet. Joissain tapauksissa esimerkiksi pylväältä alas tulevan kaapelin pää voidaan suojata päätetuppilolla, joka estää vedenpääsyn. PJ- kaapelijatkosten ja -päätteiden ensisijainen tehtävä on suojata ja tiivistää kaapelin jatko- ja haaroituskohta. Nykyään on olemassa kutiste- ja geelijatkoksia. Molemmat ovat toimivia ratkaisuja, mutta lähes poikkeuksetta käytetään lämpökutistejatkoksia. Nykyään on olemassa myös kylmäkutistejatkoksia ja -päätteitä, mutta niiden käyttö on vielä vähäistä.

PJ- kaapeleita jatkettaessa huolehditaan, että jatkoskohdasta tulee riittävän tiivis pitämään kosteuden ja epäpuhtaudet pois kaapelin sisäpinnalta. Talojen liittymisjohdot irrotetaan AMKA- linjasta pylväältä ja käännetään jakokaappeihin. Mikäli vanha liittymiskaapeli (MCMK 16mm²) ei ylety sellaisenaan jakokaapille, on siihen tehtävä

jatko käyttäen 4x16 mm² AXMK- kaapelia ja siihen tarkoitettua kaapelijatkosta. Työkohteen jatkopaikat on merkitty liitteeseen 1 pienellä salmiakin muotoisella kuviolla.

Kaapelijatkoja tehtäessä on jatkos valittava kaapelityypin mukaan. Kahden erityyppisen kaapelin jatkamiseen on valmistettu sekajatkoksia. Kaapelijatkoksen tekemiseen on mahdollista hankkia jatkospakkauksia, jotka sisältävät kaiken jatkon tekemiseen tarvittavan materiaalin. Kuvassa 4 on esimerkki Enston jatkospakkauksesta. Tämä jatkospakkaus sisältää 4 liimallista johdinkutisteletkua, yhden liimallisen ulkokutisteletkun kaapelin vaipan päälle, 4 ruuviliitintä johtimien liittämiseen toisiinsa, hioma-

Kuva 4. Jatkospakkaus PJ-maakaapelille (Ensto Oy 2011)

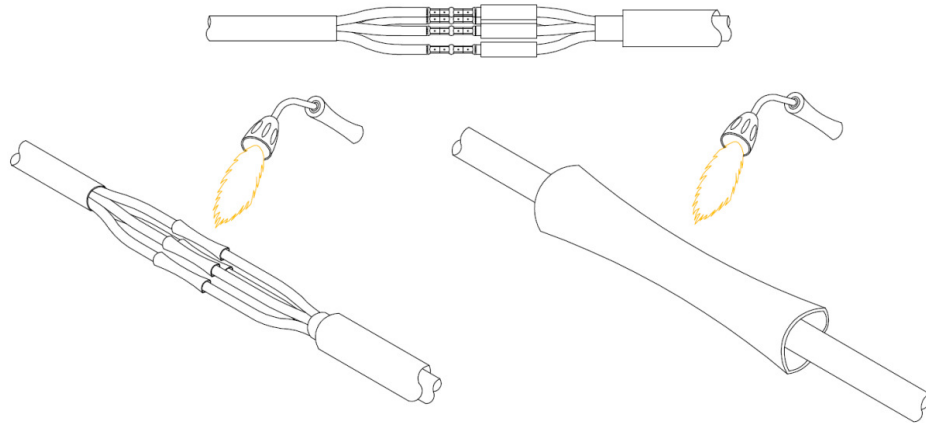


nauhan, kaapelinpuhdistusliinan ja kuusiokoloavaimen liittimien asentamista varten. Tässä työkohteessa käytimme lämpökutistejatkoja. (Ensto Oy 2011).

Kaapelijatkoksen tekemisen työvaiheet:

1. Kaapelin vaippa kuoritaan niin, että vaihe- ja nollajohtimet saadaan näkyviin
2. Johtimien päät kuoritaan niin, että paljas johdin on näkyvissä
3. Kutisteletkut työnnetään vaipan ja johtimien ympärille, mutta ei vielä tässä vaiheessa lämmitetä.
4. Johtimet liitetään toisiinsa ruuviliittimillä. Ruuviliittimien ruuvit kiristetään, kunnes ne katkeavat. Katkeaminen tarkoittaa että liitin on oikeassa momentissaan.
5. Johtimet puhdistetaan kaapelipuhdistusliinalla. Liina sisältää metanolia, joka poistaa tehokkaasti rasvan ja lian johtimen pinnalta.
6. Johdinkutisteletkut siirretään liitoskohdan päälle ja kutistetaan ne. Kutisteletkun sisäpinnassa on liima kerros, joka sulaa sitä kuumennettaessa. Kutiste on valmis, kun osa liimasta pursuaa ulos kutisteen alta.

7. Tämän jälkeen kaapelien päällyysvaipat puhdistetaan hiomapaperia ja puhdistusliinaa käyttämällä.
8. Vaippakutisteletkut siirretään liitoskohdan päälle ja kutistetaan se. Kutisteletkun sisäpinnassa on liimakerros, joka sulaa sitä kuumennettaessa. Kutiste on valmis, kun osa liimasta pursuaa ulos kutisteen alta.



Kuva 4. Kaapelijatkoksen teko (Rakennekuvat 152)

4.2 Jakokaapit

Jakokaapin tarkoitus on yhdistää runkokaapelit ja liittymiskaapelit toisiinsa. Jakokaapin tyypistä riippuen kaapelit yhdistetään toisiinsa suoraan liittämällä tai jonovarokkeita käyttämällä. Jonovarokkeet sijoitetaan jakokaappiin ja näillä syöttöalueen erottaminen on tarpeen vaatiessa helppoa.

4.2.1 Laitteistojen valinta

Jakokaappeja on erikokoisia niiden tarpeiden mukaan. Jakokaappeja on kiskostollisia ja ilman kiskostoa varustettuja. Kaupunkialueella käytetyt kaapit ovat yleensä kiskostollisia. Kiskostolliset kaapit mahdollistavat välisulakkeiden käytön. Ilman kiskostoa olevat jakokaapit ovat yleensä kevytrakenteisia ja muovisia. Niitä käytetään pienillä virroilla maaseudulla. Näissä jakokaapeissa ei ole mahdollista käyttää sulakesuojausta. Näissä kaapeissa kaapelit on kytketty toisiinsa liittimillä, ilman kiskostoa.

Tähän työkohteeseen valittiin kiskostolliset ABB:n MJS K1K kokoluokan jakokaapit. Nämä jakokaapit ovat kooltaan 1200x360x850. Jakokaapin kotelointi luokka on IP34, joka tarkoittaa että ne ovat ulkokäyttöön tarkoitettuja. Kaappi on roiskevedeltä suojattu. Kaapin kiskoston nimellisjännite on 500V ja nimellisvirta 630A. Kiskoston kotelointi on IP20. Kiskoston suojausluokka IP20 tarkoittaa sitä, että se on suojattu esteillä keskikokoisia (yli 12,5mm) kappaleita vastaan. Kiskostoa ei ole suojattu roiskevettä vastaan.

Kiskostoon mahtuvien moduulien määrä ilmoitetaan jakokaapin tiedoissa. Näiden kaappien moduulien määrä on 109. Jakokaappi on varustettava tarvittavilla jonovarokkeilla ja 0-liittimillä. Kaappiin mahtuvien jonovarokkeiden määrä vaihtelee kaapin leveyden mukaan, joka on taas suoraan verrannollinen kaapin kokoluokkaan. Jonovarokkeille on annettu omat moduulimääränsä. Tämä tarkoittaa sitä, kuinka paljon jonovaroike vie tilaa jakokaapin kiskostosta. (pienjännitekojeet).

ABB:n jakokaappikiskoissa yksi moduuli tarkoittaa leveyttä 7 mm. Esimerkiksi ABB:n alaliitännällä varustettu 630A jonovaroike vie 14 moduulia, kun taas vastaava sivuliitännällä varustettu jopa 28 moduulia. Paras käytäntö on siis ensin päättää jonovarokkeiden määrät ja tyypit, ja sen jälkeen vasta valita sopiva jakokaappi koko. Muuten voi käydä niin, ettei kiskosto riitäkään kaikille jonovarokkeille. Myös tulevaisuuden tarpeita kannattaa huomioida eli pieni ylimääräinen tila 1–2 jonovarokkeelle ei ole pahitteeksi. Tässä työkohteessa käytimme alaliitännäisiä jonovarokkeita. (pienjännitekojeet).

Jakokaapin valmistajan on merkittävä kaappiin selkeästi seuraavat tiedot:

- valmistajan nimi ja tavaramerkki
- tyyppimerkintä tai tunnusnumero
- valmistuspäivämäärä
- nimellisvirta, I_n
- nimelliskäyttöjännite, U_e
- nimellistaajuus
- kotelointiluokka
- dynaaminen oikosulkukestoisuus, I_{pk}
- terminen oikosulkukestoisuus, I_{cw}

- CE hyväksyntä- merkki

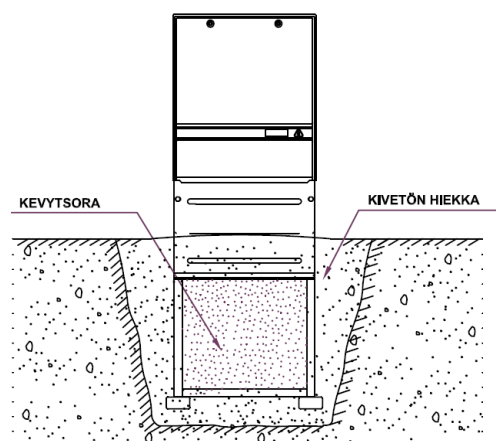
(Materiaalisuositus)

4.2.2 Asentaminen

Työkohteen jakokaapit on sijoitettu tienpientareille. Työkohteen jakokaapin sijoittamisessa on otettava huomioon muutamia seikkoja verkkoa suunnitellessa. Näitä ovat mm.:

- Niiden sijainnit ovat hyvät:
 - Jakokaapin sijainti on valittu sähkönkuluttajiin nähden keskeiselle paikalle.
 - Jakokaapille pääsy vuodenajasta riippumatta on esteetöntä. Jakokaapit sijaitsevat siksi useimmiten tien pientareilla.
 - Jakokaapin sijainti ei estä auraamista tai muuta tien käyttöä.
- Jakokaappien määrät ovat riittävät:
 - Jakokaappiin olisi hyvä jäädä ylimääräistä tilaa mahdollisille uusille liittyjille.
 - Liittymisjohtojen matkoja jakokaapille ei tulisi turhaan pidentää. Eli jakokaapit tulee olla lähellä kuluttajaa. Tämä vaikuttaa positiivisesti jännitteenalenemiin ja oikosulkuvirtoihin.

Työkohteessa käytetty jakokaappi ABB MJS K1K ei sisällä jakokaapin jalustaa vaan se on hankittava erikseen. Jakokaapin jalusta on merkitty samalla kokoluokituksella kuin jakokaappi, joten sen hankinta on helppoa.



**Kuva 5. Jalustan kaivaminen maahan
(Rakennekuvat 161)**

Jalusta upotetaan maahan oikeaan korkoonsa ja vatupassia käyttämällä vaakatasoon. Kuvassa 5 on jakokaapin asennuskuva. Varsinkin näkyvällä paikalla on tärkeää, että jalusta on täysin suorassa, jotta siisti ulkoinen ilme säilyy. Ennen jalustan asettamista maahan sen pohjaan kiinnitetään täkkipulteilla kaksi painekyllästettyä lankun pätkeä. Tämä antaa lisätukea jalustalle.

Aluksi jalustan pohjalle ja ympärille laitetaan ainoastaan sen verran täytemaata, että jalusta pysyy paikoillaan. Jalustan ympärys täytetään vasta, kun kaapelit on pujotettu jalustan kautta kaappiin. Jalusta peitetään siten, että kaapelimerkinnot eivät peity maan alle. Jalusta tuetaan riittävän hyvin ennen kuin kaappi kiinnitetään siihen. Kaappi kiinnitetään jalustaan kestäväällä kiinnityksellä, jolla varmistetaan että kaappi pysyy paikoillaan vaikka se joutuisikin esimerkiksi lumiauran töytäyksen kohteeksi. Kyseisessä kaapissa kiinnitys tapahtui neljällä 10mm pultilla.

Jakokaapit merkitään merkintäkilvellä, jotka kiinnitetään kaapin etupuolelle näkyvälle paikalle. Jakokaappien merkintäkilvet ovat kaiverrettuja metalli- tai muovikilpiä. Jakokaappiin lisätään tarpeen vaatiessa auraskeppi. Auraskepit ovat usein huomiovärisiä ja niihin on lisätty heijastinnauha. Lisäksi kaappi tulisi varustaa lukolla, mikäli tällaista ei kaapin mukana tule. Lukon vaatimuksena on, että ilman työkalua sitä ei pystyisi avaamaan. Eri valmistajat käyttävät erilaisia lukkokuvioita.

4.3 Jonovarokkeet

Jonovarokkeet ovat rakenteeltaan muovisia. Jonovaroke sisältää sulakepesät kolmelle sulakkeelle. Jonovarokekytkin koostuu kaapin kiskostoon kiinnitettävästä pohjasta ja sen kannesta. Kansi on kiinnitetty saranalla sulakepohjien alaosaan. Lisäksi kannen yläosassa on lukitusmekanismi. Kannen yläreunassa on kahva, jota vetämällä sulakkeet saadaan poistettua. Kuvassa 6 on esimerkki jonovarokkeesta.

Jonovarokkeet asennetaan jakokaappiin kiinnittämällä ne jakokaapin kiskostoon. Jokaiseen vaihekiskoon ne kiristetään kuusiokoloavainta käyttämällä. Tämä voidaan tehdä myös kiskoston ollessa jännitteinen, mutta silloin on käytettävä erillisiä jännite-työmenetelmiä ja JT- kuusiokoloavainta.

Työkohteen jakokaapeissa käytetyt runkokaapeloinnin jonovarokkeet olivat 400A ja 630A. Lisäksi talojen liittymiskaapelien jonovarokkeet olivat 160A. Kuvaan 8 on merkitty myös jonovarokkeiden koot. Sulake merkinnässä esim. 250/630 250 tarkoittaa sulakkeen kokoa 250A ja 630 on jonovarokkeen kokoluokka 630A.

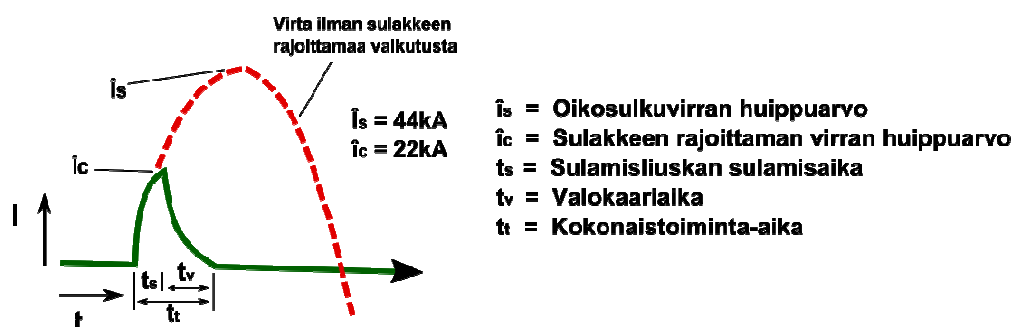


jonovaroke

4.4 Suojaukset

Työkohteessa jakokaapeilla käytettävät sulakepesät ovat jonovarokkeita. Jonovarokkeissa käytettävät sulakkeet ovat kahvasulakkeita. Kahvasulakkeet toimivat oikosulku- ja ylikuormitussuojina. Oikosulkuvirrat on pysäytettävä nopeasti, jotta sen takana oleva laitteisto/kaapelit eivät vahingoittuisi. Oikein suunnitellussa sähköverkossa sulake on siis virtapiirin heikoin kohta.

Kahvasulakkeet on suunniteltu reagoimaan nopeasti oikosulun aiheuttamiin korkeisiin virtoihin. Kun sähköverkossa on vikatilanne, kuten esimerkiksi oikosulku, se aiheuttaa kuumenemista sulakkeessa, joka katkaisee sulakkeen sisällä olevan langan ja virtapiiri katkeaa. Sulakkeilla on myös hyvät virranrajoitusominaisuudet. Tämä tarkoittaa sitä, että ennen oikosulun poistamista sulake rajoittaa virtaa tehokkaasti. Kuvassa 7. on havainnollistamiskuva tästä ominaisuudesta.



Työkohteessa käytetyt sulakkeet ovat gG-tyyppin kahvasulakkeita. Sulaketyypin pieni g-kirjain tarkoittaa sitä että se soveltuu oikosulku- ja ylikuormitussuojaksi, tällaisen sulakkeen toiminta on taattu koko ylivirta-alueella. Sulakkeen merkintä G tarkoittaa että se on ns. ”nopea sulake”, joka soveltuu johtojen suojaukseen.

4.4.1 Sulakkeiden mitoittaminen

Sulakkeiden mitoittamisessa on otettava huomioon nimellis- ja oikosulkuvirtojen suuruudet. Lisäksi suojattavan johtimen kuormitettavuus on otettava huomioon. Sulakkeen kestoisuus on mitoitettava siten, että sulake palaa, ennen kuin johdin ylikuume-

**Taulukko 4. Johdon ylikuormasuojana toimivan sulakkeen suurin sallittu nimellisvir-
ta (TTT-käsikirja.2000b)**

Johdon sallittu kuormitusvirta vähintään / A	Suojaavan sulakkeen tai L- tyyppisen johdosuojakytkimen suurin sallittu nimellisvirta / A
14	10
20	16
25	20
32	25
41	35
58	50
73	63
93	80
116	100
146	125
185	160
232	200
292	250
366	315
464	400
583	500
733	630
930	800
1170	1000
1460	1250

nee. Johtimen AXMK 4x185mm² kuormitettavuus on 365A. Taulukosta 2 käy ilmi että johtimen 365A:n kuormitettavuudella, maksimi sulake koko saisi olla 250 tai jopa 315A. Kun katsoo Kuvasta 8. esimerkiksi jakokaapin 985 johtolähdön suojausta, on sulakkeeksi valittu 125A, joten suojaus on riittävä.

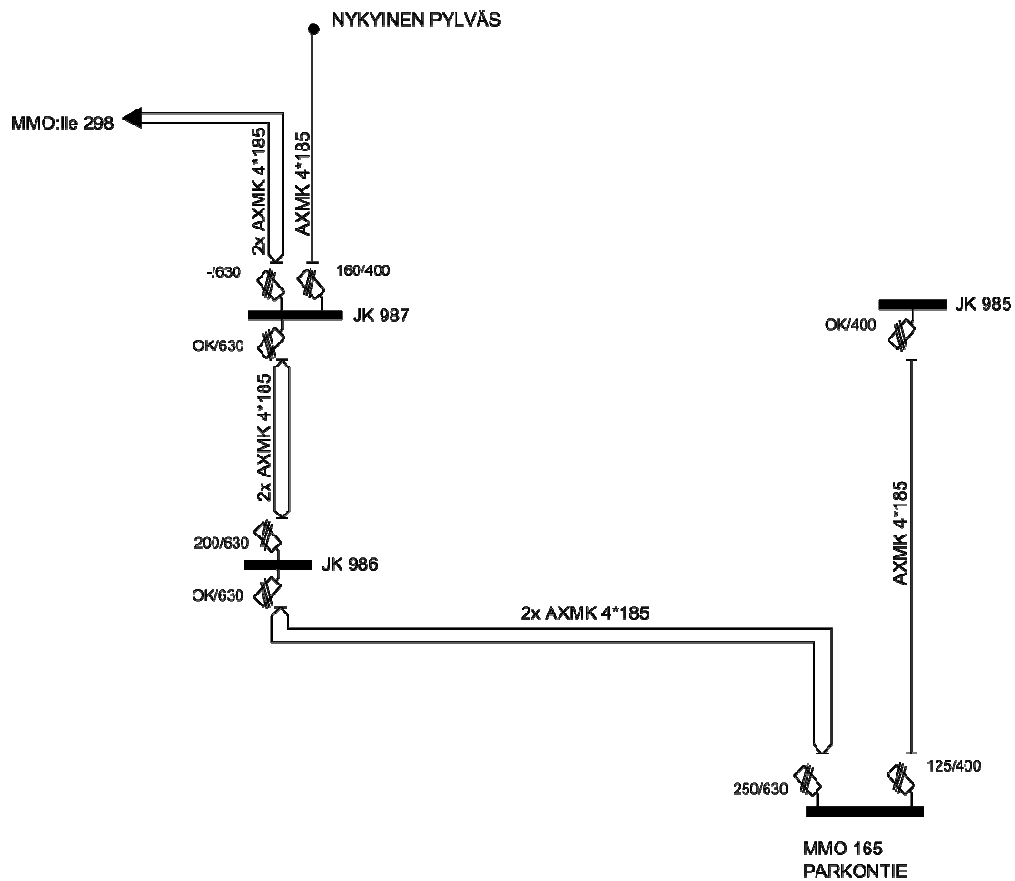
Oikosulkuvirran on oltava riittävän suuri, jotta sulakesuojaus toimisi oikein. Sähköverkonhaltijan tulee pitää huoli siitä, että oikosulkuvirrat eivät laske liian alhaisiksi. Yleisenä ohjeena pidetään taulukon 5. oikosulku arvoja. Eli kuluttajan minimi oikosulkuvirta 25A liittymällä on 250A.

Taulukko 5. Suositeltu minimi oikosulkuvirta (Energiateollisuus ry 2009)

Sähköliittymän pääsulakkeen arvo	Jakeluverkon oikosulkuvirran minimiarvo (I_k) liittymän pääsulakkeella (A)	
	Asemakaavoitetulla taajama-alueella	Muulla taajama- sekä haja-asutusalueella
16 A	200	200
25 A	250	250
35 A	250	250
50 A	320	250
63 A	425	320
80 A	580	425
100 A	715	580
125 A	950	715
160 A	1250	950
200 A	1650	1250
250 A	2200	1650
315 A	2840	2200

4.4.2 Selektiivisyys

Selektiivisyydellä rajataan vikatilanteesta johtuvat häiriöt mahdollisimman pienelle alueelle, jolloin muu osa verkosta toimii normaalisti. Johtolähdössä muuntajalla on suurimmat sulakkeet ja sulakekoko pienenee, mitä kauemmaksi edetään. Kuvasta 8. voidaan todeta, että myös tässä työkohteessa on verkko suunniteltu selektiiviseksi. Muuntamolla 165 on suojana 250A sulakkeet, kun taas jakokaapilla 987 sulakkeet ovat 200A. Yleiset sulakekoot tässä kokoluokassa ovat 315A, 250, 200, 160, 125, 100,50,25. Työkohteen liittymiskaapelit on suojattu 50A kahvasulakkeilla. Liittymän oman pääkeskuksen pääsulakkeen koko on 25A, joten tässäkin kohtaa selektiivisyys pätee.



Kuva 8. Runkokaapelin sulakesuojaus

4.5 Maadoitukset

Pienjänniteverkon maadoittaminen on erittäin tärkeää vaarallisten kosketusjännitteiden takia. Pienjänniteverkon 230V vaihejännite on ihmiselle vaarallinen. Lisäksi maadoituksella suojataan sähkölaitteistoa termiseltä ylikuormitukselta. Maadoituksen tarkoituksena on toimia ns. potentiaalintasaajana. Muuntajan kipinävälissä syntyvä maasulku aiheuttaa pienjänniteverkon PEN-johtimeen maadoitusjännitteen, siksi muuntajalla olevat maadoitukset tulee olla kunnossa. Ilman PJ-verkon maadoitusta sähkönkuluttajan sähkölaitteissa voi esiintyä vaarallisia kosketusjännitteitä. (Lakervi & Partanen 2009, 198 - 200.)

Työkohteessa maadoitus toteutettiin käyttämällä 16 mm² kupariköyttä, joka asennettiin maakaapeleiden kanssa kaapeliojaan. Maadoituskupari yhdistettiin muuntajan jakokaapin ja alueen muiden jakokaappien PEN-kiskoihin. Koko alueen jakokaapit on siis yhdistetty toisiinsa runkokaapelin mukana kulkevalla 16mm² kupariköydellä. Sähköjakeluverkon PEN- johdin on aina maadoitettava syöttöpisteessä tai korkeintaan 200 metrin päässä siitä. Lisäksi jokainen yli 200 metriä pitkä johto tai johtohaara

on maadoitettava loppupäästään, tai enintään 200 m:n päässä siitä. (Lakervi & Partanen 2009, 198 - 200.)

4.6 Kytkennät

Kun jakokaappi on paikoillaan ja jakokaappi on varustettu maadoituksella ja tarvittavilla jonovarokkeilla, alkaa varsinainen asennustyö. Kaapelit kytketään jonovarokkeisiin ja kaapelien PEN- johtimet jakokaapin PEN- kiskoon. Mikäli jonovarokkeita ei ole vielä merkattu, kannattaa se tehdä viimeistään kytkemisen yhteydessä. Merkintään kirjoitetaan mistä tai mihin kaapeli menee ja mielellään kaapelin tyyppi ja poikkipinta-ala. Jonovarokkeen merkintään laitetaan esim. MMO:lta 165 (2x 4*185 AXMK) tai JK:lle 985 (4*185 AXMK).

Kaapelien kytkennässä on etukäteen ilmoitettava alueen asukkaille, mikäli joudutaan sähköt katkaisemaan kytkentöjen ajaksi. Verkkoyhtiö jakaa asukkaille ns. katkolaput, joista selviää tarkempi ajankohta. Myös on mahdollista ilmoittaa asiasta työmaan alkaessa esimerkiksi seuraavalla tavalla: Saneeraamme sähköverkon. Tämä voi aiheuttaa ajoittaisia katkoksia sähkönjakeluun. Jos on kyse pienestä asukasmäärästä, on sähköasentajan kohteliasta ilmoittaa katkosta henkilökohtaisesti enne sähköjen katkaisemista, mikäli mahdollista.

4.6.1 Runkokaapeli

Tässä vaiheessa huomioidaan kiertosuunnat. Kiertosuunta kannattaa tarkistaa jo muuntajan jakokaapilla. Tämän jälkeen kaapeli kytketään seuraavalla tavalla (L1- Ruskea, L2 –Musta, L3 – Harmaa). Kun kiertosuunta on oikea, voidaan seuraavalla jakokaapilla kytkeä väri-väriin, tarkistamatta välttämättä kiertosuuntaa. Runkokaapeli 4*185 AXMK kytketään jonovarokkeisiin käyttäen niille sopivia liittimiä. Tupla runkokaapelin kytkennässä käytetään tuplaliittimiä. PEN- johtimet kytketään PEN- kiskoon, jokainen omalla liittimellä.

Alueen jakokaapit voidaan tässä vaiheessa ottaa käyttöön runkoverkon osalta. Kun liittymisjohtoja käännetään jakokaappiin, on jakokaapin kiskostot jo valmiiksi jännit-

teiset, joten kuluttajien sähkötön aika lyhenee. Koska jakokaapille tuleva ja lähtevä kaapeli on kytketty omiin jonovarokkeisiin, pystytään niillä rajaamaan alue jolle sähköä syötetään.

4.6.2 Liittymiskaapelit

Liittymiskaapelit, jotka on liitetty AMKA- linjaan, irrotaan linjasta yleensä jännitetyönä. Tämä vaatii työntekijältä jännitetyö koulutuksen. Työssä käytetään jännitetyöhön soveltuvia leikkureita. Ennen kaapelin irrottamista varmistutaan siitä että kaapelin virrat ovat pienet. Kuluttajan pääkytkin voidaan kytkeä 0-asentoon, joka laskee kaapelin virrat alas. Kolmivaiheiset laitteet voivat vahingoittua myös tilanteissa, jossa esimerkiksi yksi vaihe katoaa. Tämän takia pääkytkimen nollaaminen olisi paras vaihtoehto ennen kaapelin katkaisua.

Kaapeli voidaan irrottaa myös jännitteettömänä, mutta se vaatisi koko runko AMKA:n erottamista. Tämä taas lisäisi sähköttömien kuluttajien määrää. Siksi useimmin käytetty tapa on jännitetyönä katkaiseminen. Työ tapahtuu katkaisemalla kaapelin nolla- ja vaihe-johtimet. Johtimet katkaistaan yksitellen aloittaen vaihejohtimista. Nolla johdin katkaistaan viimeisenä. Tämä on tärkeää, koska nollan puuttuminen voi rikkoa sähkölaitteet tai aiheuttaa vaaratilanteita ihmisille.

Kun liittymiskaapelit on irrotettu AMKA- linjasta, kytketään se jakokaapin 160A:seen jonovarokkeeseen. Mikäli MCMK liittymiskaapeli ei ylety jakokaapille, on se jatkettava uuteen AXMK kaapeliin kutistejatkolla. ABB:n 160A jonovarokkeet sisältävät liitännät kaapeleille, joten erillisiä liittimiä ei tarvita. Liittymisjohtojen PEN- johtimet kytketään jakokaapin kiskostoon, jokainen omalla PEN- liittimellä.

Kun kaikki runkoverkon varrella olevat kuluttajat on käännetty AMKA-linjasta, jakokaappiin, voidaan AMKA tehdä jännitteettömäksi ja katkaista linja muuntajalta. Linja on tältä osin valmis purettavaksi.

4.7 Työskentelytavat

Sähköasentajan työskentely koostuu jännitteettömästä työstä ja jännitetyöstä. Jännitteettömänä työskentely ei vaadi niin paljon pätevyyttä, kuin jännitetyön tekeminen.

Molemmille työskentelytavoille on kuitenkin laadittu työskentely-/turvallisuusohjeet. Näitä noudattamalla työstä selviytyy ilman ongelmia.

4.7.1 Jännitteettömänä työskentely

Turvallisuuden vuoksi kytkennät ja muut sähkölaitteistoon tehtävät työt pyritään tekemään pääasiassa jännitteettömässä tilassa. Tärkein asia työskennellessä jännitteettömänä on varmistaa että työkohde myös pysyy jännitteettömänä koko työn ajan. Tähän on turvallisuus ohjeistusta SFS 6002:ssa:

1. Ensiksi tehdään työkohde turvallisin keinoin jännitteettömäksi. Täydelliseen erottamiseen vaaditaan näkyvää ilmaväliä tai eristintä, jolla varmistetaan että erotuskohta ei petä sähköisesti. Täydelliseen erottamisen käytetään useimmiten erotinta, erotuskytkintä, sulakkeiden poistoa, tai muuta luotettavaa tapaa. Tässä työkohteessa kahvasulakkeen poistaminen jonovarokkeesta takaa täydellisen erottamisen. (SFS 6002, 2005, 6.2)
2. Seuraavaksi varmistetaan että työkohde pysyy jännitteettömänä koko työn ajan. Jännitteen kytkemisen estäminen suoritetaan lukitsemalla erotuksen käytetty laite/laitteisto siten että sen takaisin kytkeminen estetään. Työkohteen kaikki syöttösuunnat on erotettava. Lisäksi kytkimeen laitetaan kieltomerkki, joka toimii ohjeena. Esimerkki kieltomerkistä kuvassa 9. (SFS 6002, 2005, 6.2)



Kuva 9. Esimerkki kieltomerkistä

3. Jännitteettömyys on todettava aina ennen työskentelyn aloittamista työkohteessa. Jännitteettömyys todetaan kaikista vaiheista käyttäen jännitteenkoetinta. Jos työkohteesta poistutaan ja jatketaan työtä myöhemmin, on jännitteettömyys todettava uudelleen. (SFS 6002, 2005, 6.2)
4. Työmaadoittaminen, joka on tärkeä etenkin 1kV> jännitteillä, ei pienjännitteillä sitä normaalisti vaadita. Mikäli laitteistossa on vaara tulla jännitteiseksi, on

myös pienjännitteisten vaihejohtimet kuitenkin työmaadoitettava niihin tarkoitetuilla maadoitusvälineillä. Tällaisia poikkeuksia ovat mm. ilmajohdot, joita muut johdot risteävät, pienjännitteiset avojohdot sekä järjestelmät joihin sisältyy varavoimageneraattori. (SFS 6002, 2005, 6.2)

5. Mikäli työalueen lähellä on sähkölaitteiston osia, joita ei voida tehdä jännitteettömäksi, on käytettävä varotoimenpiteitä. Näitä varotoimenpiteitä ovat jännitteisten sähkölaitteistonosien suojaaminen esteillä, suojuksilla, koteloidilla ja muilla eristävillä materiaaleilla. Mikäli näin ei voida menetellä täytyy paljaisiin jännitteisiin osiin olla riittävä turvaetäisyys. Pienjännitteillä turvallinen työskentelyetäisyys on määritetty EN-50110-1 standardissa. Se on alle 1kV jännitteillä 0,2m. Jos lähellä olevat jännitteiset osat ovat kotelon sisällä, voidaan etäisyyttä pienentää 0,05m:iin. (SFS 6002, 2005, 6.2)

4.7.2 Jännitteisenä työskentely

Jännitetyötä on sellainen työ, jossa työ tehdään sähkölaitteiston ollessa jännitteinen tai keho, työkalu tai varuste ulottuu jännitetyöalueelle. Tällaisia töitä ovat mm. jänniteliitimen asentaminen, jännitteisen johdon katkaiseminen. Mittaukset, jännitteen koettamiset yms. eivät ole luokiteltu jännitetöiksi, mutta tarvittaessa on kuitenkin käytettävä jännitetyömenettelytapoja. Jännitetyöhön ja jännitteisen osan lähelle työskentelyyn on laadittu erilliset työskentelytavat. Jännitetöitä tehtäessä noudatetaan SFS 6002 turvallisuus ja SFS 600 pienjänniteasennukset standardeja. (SFS 6002 2007, liite Y.1)

Yleisimmin käytetty työmenetelmä pienjännitteisissä jännitetöissä on käyttää jännitetyökaluja ja –käsineitä. Jännitetyökäsineillä ei kosketa suoraan jännitteistä osaa, vaan ne toimivat lisäeristeinä jännitetyökaluja käytettäessä. (SFS 6002 2007, liite Y.1)

Jännitetyötä saa tehdä vain ammattihenkilö, jolla on koulutus lisäksi jännitetyöhön. Jännitetyökoulutukseen sisältyy teoria- ja käytännönosuus. Koulutuksesta on annettava todistus, josta selviää mm. jännitetaso, käytettävät työmenetelmät yms. Jännitetyökoulutus tulee uusaa vähintään viiden vuoden välein.

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Sähkölaitteistolle tehdään lopuksi käyttöönottotarkastus, josta selviää että laitteisto ja kytkennät ovat kunnossa eikä se aiheuta vaaraa tai häiriötä. SFS 6000 mukaan siitä tulee käydä ilmi ”kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja”.(SFS 600, 2007, KTM 517/2/4§)

Jokainen sähkölaitteisto on tarkastettava ennen sen käyttöönottoa. Tarkastuksesta ja siihen liittyvästä dokumentoinnista on käytävä ilmi että SFS 6000 standardin vaatimukset täyttyvät. Mikäli olemassa olevaa asennusta muutetaan, on todettava, että muutos ei heikennä olemassa olevan asennuksen turvallisuutta.
(SFS 600, 2007, 61.1)

Työkohteessa tarkastukset tehtiin kaapeleille ja jakokaapeille. Liitteenä 2. on tarkastuspöytäkirjat mittauksien- ja aistinvaraisentarkastuksen osalta.

5.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisella tarkistuksella tarkoitetaan yleisien asennukseen liittyvien vaatimusten täyttämisen tarkastusta. Näitä vaatimuksia ovat SFS 6000 standardien ja laitevalmistajan ohjeiden noudattaminen. Aistinvarainen tarkistus tehdään ennen varsinaisia mittauksia laitteiston ollessa jännitteetön. Aistinvaraisesti on tarkastettava, että asennukseen liittyvät sähkölaitteet ovat niiden turvallisuusvaatimusten mukaisia (6002). Lisäksi sähkölaitteiston tulee olla SFS 6000 vaatimusten ja valmistajan ohjeiden mukaan asennettuja ja valittuja. Lisäksi tarkastuksessa todetaan että sähkölaitteisto ei ole silmämääräisesti vaurioitunut.

Aistinvaraisesta tarkastuksesta tulee käydä SFS 6000:n mukaan ilmi mm. seuraavat asiat:

- Sähköisku suojausmenetelmät
- Paloturvallisuus
- Johtimien valinta (kuormitettavuus, jännitteenaleneva yms.)
- Suojalaitteiden valinta

- Kytkentälaiteiden valinta ja sijoitus
- Nolla- ja suojajohdin tunnuks
- Varoituskilpien, piirustusten olemassaolo
- Johtimien liitosten sopivuus
- Suojausjohtimien, potentiaalintasausjohtimien sopivuus ja olemassaolo

(SFS 600, 2007, 61.2)

5.2 Mittaukset ja testaukset

Käyttöönottotarkastuksessa tulee käydä ilmi sähköisten vaatimusten täyttyminen. Liitteenä 2.2. on esimerkkinä työkohteen jakokaapin mittauspöytäkirja. Kaikista jakokaapeista tehtiin myös samanlaiset tarkastukset, mutta niitä ei ole liitteenä tässä opinäytetyössä. (SFS 600, 2007, 61.3)

Jakokaapin tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi seuraavat asiat:

1. Suojajohtimien jatkuvuus: Mittaus tehdään normaalisti laitteella, jonka testijännite vaihtelee 4-24V ja minimitestivirta on 200mA. Mittauksessa sisältyy suoja- ja PEN-johtimen testaaminen. Jatkuvuustesti on resistanssimittaus, eli tavoitteena on saada mittaustuloksena mahdollisimman pieni resistanssin arvo, joka takaa tarvittavan jatkuvuuden. Laitteen mittausjohdot aiheuttavat jo itsessään resistanssia, joten ennen laitteiston mittaamista kannattaa yhdistää mittapäät ja katsoa että johtojen resistanssia ei mittaustuloksessa huomioida. Mittaus tehdään jännitteettömässä tilassa. (Fluke 2011)
2. Eristysvastuksen mittaus: Mittaus suoritetaan jännitteettömässä laitteistossa. Mittauksessa todetaan että eritykset ovat kunnossa, eikä eri johtimien välillä ole johtavuutta. Mittausjännitteenä yleisesti käytetään 500V tai 1000V. Työkohteessa tehdyt mittaukset tehtiin käyttäen 1000V. Tuolloin vaadittu resistiivinen arvo on yli 1000 kilo-ohmia. 500V käytettäessä hyväksyttävä raja on yli 500 kilo-ohmia. Liitteessä 2.2. oleva arvo >999 on Fluke mittarin antama mittaustulos ja tarkoittaa että vastus on yli 999 kilo-ohmia, joten eristys on riittävä. (Fluke 2011)

3. Oikosulkumittaus: Saadaan mitattua todellinen oikosulkuvirta. Sulakesuojauksen kannalta on tärkeää että oikosulkuvirta on tarpeeksi korkea, että oikosulun tapahtuessa sulakkeet reagoivat siihen tarpeeksi nopeasti.
4. Jännitemittaus: Vaihe- ja pääjännitteet mitataan (L1-L2, L1-L3, L2-L3, L1-PEN) myös tarkastuksen yhteydessä. Jännitemittauksesta nähdään onko jännitteet vaadituissa rajoissa, eikä jännitteenalenema ole siihen vaikuttanut. Myös erilaiset viat ilmenevät myös jännitemittauksen kautta (esim. nollavika - jännitteet epätasaiset)
5. Kiertosuunnan tarkistus: Kiertosuunnan tarkistus jakokaapilla on tärkeä, koska kolmivaiheiset laitteet voivat jopa tuhoutua väärällä vaihejärjestyksellä. Kolmivaiheiset sähkömoottorit vahingoittuvat väärästä kiertosuunnasta helposti – Moottori pyörii väärinpäin kuin se on suunniteltu pyörivän. Kiertosuunnanmuuttaminen päinvastaiseksi onnistuu vaihtamalla kahden vaihejohtimen paikkaa.

6 TURVALLISUUS

Nykyään turvallisuutta työmaalla pidetään usein tärkeimpänä huomioonotettavana asiana. Turvallisuus on parantunut huomasti lähi vuosikymmenien aikana. Syynä tähän ovat turvallisuuskoulutuksen lisääntyminen ja uusien turvallisempien toimintatapojen löytäminen. Tämä näkyy selkeästi myös vuosittaisissa tapaturmien määrissä, jotka ovat vähentyneet. Työturvallisuus standardeissa pyritään etsimään hyväksi todetut toimintatavat, joita noudattamalla työn suorittaminen olisi turvallisempaa.

Työturvallisuus korttikoulutus on samanlainen joka alalla. Työturvallisuus koulutuksessa käsiteltävät asiat antavat yleiset toimintaohjeet turvallisempaan työn tekemiseen. Eri aloilla on käytössä omia turvallisuus standardeja, joiden käytöstä on sovittu erikseen. Sähköalalla tärkein alakohtainen standardi on SFS 6002.

Lisäksi erilaiset energia-alan yhtiöt pyrkivät luomaan uusia yhteisiä linjoja alalle. Nämä ”yhteiset linjat” tunnetaan energia-alalla verkostosuosituksina. Adato on yksi tällainen verkostosuosituksien laatija. Adato Oy:n WWW-sivulta lainattua: ”Verkostosuositukset ovat verkonrakennustoiminnan ohjaamiseen ja yhtenäistämiseen tarkoi-

tettuja ohjeita ja toimintamalleja, jotka helpottavat käytännönläheisesti standardien, asetusten ja määräysten soveltamista. Verkostosuositukset on laadittu yhteistyössä verkonrakennusalan asiantuntijoiden kanssa.”. Verkostosuositukset ovat usein juuri turvallisuutta koskevia, kuten esim. Puupylväiden purkutyöt. (Adato Oy 2012)

6.1 Työturvallisuus

Työturvallisuuskorttikoulutus lisää turvallisuutta työpaikalla. Työturvallisuuskoulutuksessa läpäissyt henkilö saa yleiset toimintaohjeet yhteisellä työpaikalla. Näillä ohjeilla takaa paremman turvallisuuden itselle ja muille työpaikalla työskenteleville. Työturvallisuuskortin käyttöönotto on työpaikalla vapaaehtoista, mutta nykyään lähes kaikki työpaikat sen vaativat.

Työturvallisuuskorttikoulutus sisältää seuraavat asiat:

- Työturvallisuus yhteisellä työpaikalla (Vastuu turvallisuudesta, työsuojelu)
- Tapaturmien vähentäminen
- Yleisohjeet työpaikalla (Liikkuminen työpaikalla, henkilönsuojaimet, luvanvaraiset työt yms.)
- Keskeisten vaaratekijöiden torjuminen (Työvälineet, nostot, tikkaat, kemikaalit, tuli, sähkö yms.)
- Onnettomuustilanteessa toimiminen (Ensiapu, Hätäilmoitus, tulipalo, kaasuvaara yms.)

(Työturvallisuuskeskus 2008)

6.2 Sähkötyöturvallisuus

Sähkötyöturvallisuus perustuu SFS-6002 standardeihin, joita tulee sähköalalla aina noudattaa. ”Tätä standardia sovelletaan kaikkiin sähkölaitteistojen käyttöön ja työskentelyyn sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä”. SFS-6002 on suomalainen standardi joka sisältää eurooppalaisen standardin EN 50110. SFS-6002 sisältää myös kansalliset lisäykset. Kansalliset lisäykset sisältävät tärkeitä seikkoja, joissa Suomen ilmastolliset olosuhteet, maaperä yms. on otettu hyvin huomioon. (SFS 6002, 2007)

SFS-6002 sisältää ohjeet sähkötyön ammattilaisille, eikä se koske maallikoiden sähkölaitteiston käyttöä. SFS-6002 sisältää pääpiirteittäin seuraavat asiat:

- Työkalut, varusteet
- Työskentelykäytännöt (Jännitetyöt, työmaadoittaminen, erottaminen yms.)
- Kunnossapitokäytännöt (Sulakkeiden ja lamppujen vaihdot yms.)
- Pätevyudet

(SFS 6002, 2007)

6.3 Tulityö

Tulityökurssuja järjestetään säännöllisesti. Koulutus perustuu SFS 5900 standardiin. Koulutus oikeaoppisiin tulitöihin on tärkeää, jotta välttyttäisiin vahingoilta. Tulityötä on työ josta syntyy kipinöitä tai siinä käytetään liekkiä. Pienimuotoinen tulityökin voi aiheuttaa suuria vahinkoja itselle tai ympäristölle. Siksi on erittäin tärkeää noudattaa standardin mukaisia toimintatapoja ja määräyksiä. Riskit tunnistamalla ja oikeilla työtavoilla voidaan ehkäistä tehokkaasti vahinkojen syntyminen. (SPEK 2007, 7-10)

Työkohteessa tehdään tulitöitä tilapäisellä tulityöpaikalla. Tämä tarkoittaa sitä että ympäristössä voi olla paloriskejä aiheuttavia materiaaleja. Tulityöntekijällä tulee olla voimassa oleva tulityökortti. Tulityön mahdollinen vartiointi on myös järjestettävä. Mikäli kohteessa sattuu vahinkoa esimerkiksi ympäristölle, on vastuu yleensä tulityöntekijällä. Vahinkovastuusta voi vapautua, jos pystyy osoittamaan, että on pyrkinyt estämään vahingon kaikilla käytössä olevilla keinoilla. Myös sakkorangaistus on mahdollinen jos ei noudateta tulityöstandardia. (SPEK 2007, 8-17)

Tässä työkohteessa ainoa tulityötä vaativa työvaihe oli maakaapelien kutistejatkojen tekeminen. Kutistejatkoa lämmitetään nestekaasupolttimella, joka on yhdistetty kaasupulloon. Tällainen työ vaatii aina tarkkaavaisuutta. Työ tulee tehdä palamattomalla alustalla, esimerkiksi hiekan tai soran päällä. Laitteistoon tuleva häiriö voi myös aiheuttaa paloriskin, joten laitteisto tulee tarkastaa silmämääräisesti aina ennen käyttöä. (SPEK 2007, 7-10)

Tulityötä tehtäessä on paikalla oltava riittävä alkusammutuskalusto. Riittävä vähimmäiskalusto on yksi 43A 183B C-luokan käsisammutin. Työryhmän autosta pitäisi aina löytyä tarvittava alkusammutuskalusto. (SPEK 2007, 18)

6.4 Nostotyö

Nostotyötä on työ, jossa materiaali- tai henkilönostamiseen käytetään siihen tarkoitettua nostokalustoa. Nostotyössä noudatetaan nostolaitteiden kuormitusrajoja, jotka on merkitty nostolaitteisiin. Ennen nostolaitteiden käyttöä on varmistuttava siitä, että laitteet ovat hyväksytyjä, tarkastettuja ja silmämääräisesti ehjiä. Nostolaitteet on tarkastettava vuoden välein. Ennen nosturin käyttöä henkilö on saanut opastuksen nosturin hallintalaitteista. Nostolaitteita ovat esim. kuorma-autojen HIAB- nosturit, joita myös tässä työkohteessa käytettiin. Nostotyötä tehtäessä on varmistettava, että nostolaite ei pääse noston aikana kaatumaan. Tämä toteutetaan erilaisilla hydraulisilla tukijaloilla, joita on aina käytettävä. (Työturvallisuuskeskus 2008, 27-28)

Materiaalinostoissa nostolaitteiden ja apuvälineiden suurin sallittu kuormitus on tarkistettava ennen nostoa. Apuvälineitä ovat mm. raksit, leikarit, liinat. Apuvälineiden kunto on tarkistettava myös silmämääräisesti. Ennen nostoa on varmistettava nostettavan taakan painopiste ja sen asianmukainen kiinnitys. Esimerkiksi vääränlainen liinan kiinnitys voi aiheuttaa liinan vahingoittumisen tai jopa katkeamisen. Nostettavaa taakkaa ei saa koskaan nostaa henkilöiden yli. Alueella jossa tehdään nostotyötä, on kaikkien alueella olevien tarkkailtava nostotyötä. Myös kypärän käyttö nostoalueella on pakollista. Nostettavan taakaan alta kulkeminen on aina kiellettyä. (Työturvallisuuskeskus 2008, 27-28)

Henkilönostotyössä on käytettävä siihen tarkoitettua kalustoa. HIAB nosturiin liitettävä henkilönostokori on tarkoitettu ainoastaan henkilönostoihin. Tavaroiden nostoja ei henkilönostokorilla saa suorittaa. Useilla työpaikoilla vaaditaan turvalajaiden käyttöä henkilönostoissa. Valjaat kiinnitetään henkilönostokoriin. Valjaiden käyttö on hyvä turva nostokorin kallistuessa tai henkilön pudotessa nostokorista. (Työturvallisuuskeskus 2008, 27-28)

6.5 Purkutyö

Tulevaisuudessa ilmajohtojen purkutyöt lisääntyvät huomattavasti maakaapeloinnin seurauksena. Purkutyöhön liittyvät riskit ovat erilaisia kuin rakentamis- ja kunnossapito tehtävissä. Sätke-projektissa (Sähköasentajien työmenetelmien kehittäminen) kehitettiin turvallisempia työmenetelmiä purkutyöhön liittyen. Projektin tarkoituksena oli vähentää tapaturmien tapahtuminen. Tämän projektin tuloksena syntyi verkostosuositus nimeltään TJ1:04 ”Ilmajohdon purkutyöt”. (Headpower 2012)

Yleisin ilmajohtoverkon purkutyömenetelmä on kaataa pylväs maahan ja irrottaa kalusteet ja johtimet maasta käsin. Pylvään kaataminen onnistuu esimerkiksi kaivinkoneen avulla nostamalla. Pylvästä otetaan tukeva ote kaivinkoneella ennen haruksien katkaisemista. Pylväs voidaan poikkeustapauksissa kaataa myös moottorisahalla, mutta turvallisuus määräyksien perusteella se ei ole paras mahdollinen vaihtoehto. Pylvään kalusteet ja johtimet voidaan poistaa myös henkilönostokoria käyttämällä ennen pylvään kaatamista, mikäli tilanne vaatii. Purettu rakenteet on laskettava alas hallitusti esim. narua käyttämällä.

Moottorisahalla pylvästä kaadettaessa on suunniteltava mihin suuntaan pylvään kaataa. Jos pylväs kaadetaan katkaisemalla, tulee maan alle jäävä tyviosa poistaa maasta. Pylväs katkaistaan siten, että tyvi osa on helppo esim. kaivinkonetta käyttäen nostaa ylös maasta. Suositeltu katkaisukorkeus on 70 cm. (Turvallisuusohjeisto 2011)

Mikäli purettavaan pylvääseen täytyy nousta kiipeämällä, täytyy pylvään kunto tutkia ennen sitä. Mikäli pylväs on laho tai pylvään asennussyvyydestä ei ole varmaa tietoa, on tämä työtapo unohdettava. Jos pylvääseen kiivetään katkaisemaan johtimia, on se tuettava hyvin enne sitä. Tukeminen tapahtuu väliaikaisia haruksia käyttämällä tai tukemalla kaivinkoneen avulla. Normaali tilanteessa ilmajohto tukee pylvästä ja sen katkaiseminen voi aiheuttaa pylvään kaatumisen tai katkeamisen. (Turvallisuusohjeisto 2011)

Kun pylväät on hallitusti kaadettu ja kaikki kalusteet ja johtimet irrotettu on huolehdittava että kaikki purkujäte poistetaan ympäristöstä. Purettu johtimet kelataan maastosta usein tyhjälle kaapelikelalle. Liittimet, kannattimet, harukset ja muut rakennustarvikkeet kerätään pois ympäristöstä. Haruksina toimineet laattasilmukset poistetaan tai

peitetään riittävän syvälle maahan. Lisäksi ympäristö siistitään ja pylväiden kuopat täytetään. Puupylväät sisältävät haitallisia aineita, joten niiden jatkokäsittelyyn käytetään sovittua kierrätystapaa (Turvallisuusohjeisto 2011)

7 POHDINTA

Tämän työohjeen kirjoittaminen oli mielestäni hyvä tapa koota huomioonotettavat seikat yhteen. Ohjeen pohjalta on helppo tutustua pienjänniteverkon saneeraukseen liittyviin työvaiheisiin ja -tapoihin. Tästä aiheesta on tehty aiemminkin paljon opinnäytetöitä mutta rakenteeltaan ne ovat mielestäni olleet enemmän teoriaan pohjautuvia.

Tällaiset työkohteet ovat minulle tuttuja, koska olen ollut paljon tekemisissä tämän-tyyppisten työmaiden parissa. Olen itse ollut mukana työnjohtotehtävien lisäksi myös asentajantehtävissä, joten käytännön työohjeet tulivat opitun ja koetun työkokemuksen kautta. Halusin koota tähän käytännön työohjeita, joita noudattamalla työstään selviää. Työssä käyttämiäni työskentelytapoja olen itse käyttänyt ollessani asentajan työtehtävissä. Työohjeessani käsittelemät työtavat ovat vain ohjeistuksia, muitakin tapoja varmasti löytyy.

Pyrin pitämään työni sisältöön liittyvät asiat aiheen ytimessä. Tämä tarkoittaa sitä että kaikki asiat joita työssäni tarkastelin liittyvät todella läheisesti työkohteen sisältämiin asioihin. Sisältö on paikoittain todella käytännönläheistä, mutta se oli tarkoituksenaan. Työohje on tarkoitettu pääasiassa työnjohtajille ja asentajille. Koska työohje on kirjoitettu käytännönläheisesti, voi sen avulla esimerkiksi työhön perehtyvä asentajaharjoittelija saada paljon uutta tietoa työtavoista ja -menetelmistä.

LÄHTEET

Adato Oy 2012. Yritys. <http://www.adato.fi>. Luettu 20.1.2012.

Energiateollisuus ry 2009. Kaapeloitujen PJ-liittymisjohtojen mitoitus ja suojaus. Helsinki: Adato Energia Oy 4-2009

Ensto Oy 2011. WWW-dokumentti. <http://www.ensto.fi>, 14.8.2011.

Fluke 2011. PDF-dokumentti.

<http://cna.mikkeliyamk.fi/Public/Slabra/S%C3%A4hk%C3%B6asennustarkastusten.pdf>. Luettu 1.2.2012.

Headpower 2012. WWW-dokumentti. <http://www.headpower.fi>. Luettu 1.2.2012

Johtimet ja kaapelit luettelo 2010. TFKable. PDF-dokumentti.

<http://www.tfkablefinland.com/files/catalog.pdf>. Luettu 3.1.2012.

Kaapelivaroitusnauhat. WWW-dokumentti.

<http://verkkokauppa.turunteippi.fi/product/list/90324/sahkoalan-varoitussnauhat>.

Lakervi & Partanen 2009. Sähkönjakelutekniikka. 2. painos. Helsinki: Otatieto.

Materiaalisuositus. Headpower Oy. <http://www.headpower.fi>. 2002. Luettu 7.8.2011.

Kaduilla ja yleisillä alueilla tehtävät työt. PDF-dokumentti.

http://www.mikkeli.fi/fi/liitteet/09_lomakkeet/03_asuminen_rakentaminen_liikenne/071_liikennevaylat/haku_kaduilla_ja_yleisilla_alueilla.pdf. Luettu 1.2.2012.

Pienjännitekojeet. ABB.esite. PDF-dokumentti.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8ffc63852131ac55c1257532005b3fff/\\$file/1scc320003c1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8ffc63852131ac55c1257532005b3fff/$file/1scc320003c1801.pdf). Päivitetty 10/08. Luettu 29.12.2011.

Rakennekuvat. Headpower Oy. <http://www.headpower.fi>.

SFS 6002, 2005. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

SFS 6000, 2008. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

SPEK 2007. Tulityöt hanskassa. 3. painos, Helsinki, Savion Kirjapaino Oy

TTK 2009. Työturvallisuuskeskus TTK. PDF-dokumentti. Saatavissa:
http://www.tyoturva.fi/files/1302/STO1_Yleinen_osa.pdf. Luettu 16.1.2012.

TTT-käsikirja 2000a. ABB. Oikosulkusuojaus. PDF-dokumentti.
http://heikki.pp.fi/abb/071_0007. Päivitetty 2000-07. Luettu 4.1.2012.

TTT-käsikirja 2000b. ABB. Sähköjohtojen mitoittaminen. PDF-dokumentti.
http://heikki.pp.fi/abb/191_0007. Päivitetty 2000-07. Luettu 24.11.2011.

Turvallisuusohjeisto 2011. Headpower Oy. <http://www.headpower.fi>. Luettu 16.6.2011.

Työskentelyohje 2011. REKA kaapeli Oy. PDF-dokumentti.
http://www.reka.fi/files/1452_Tyskentelyohje1-24kVAuraus.pdf. Päivitetty 5.1.2011.
Luettu 30.12.2011.

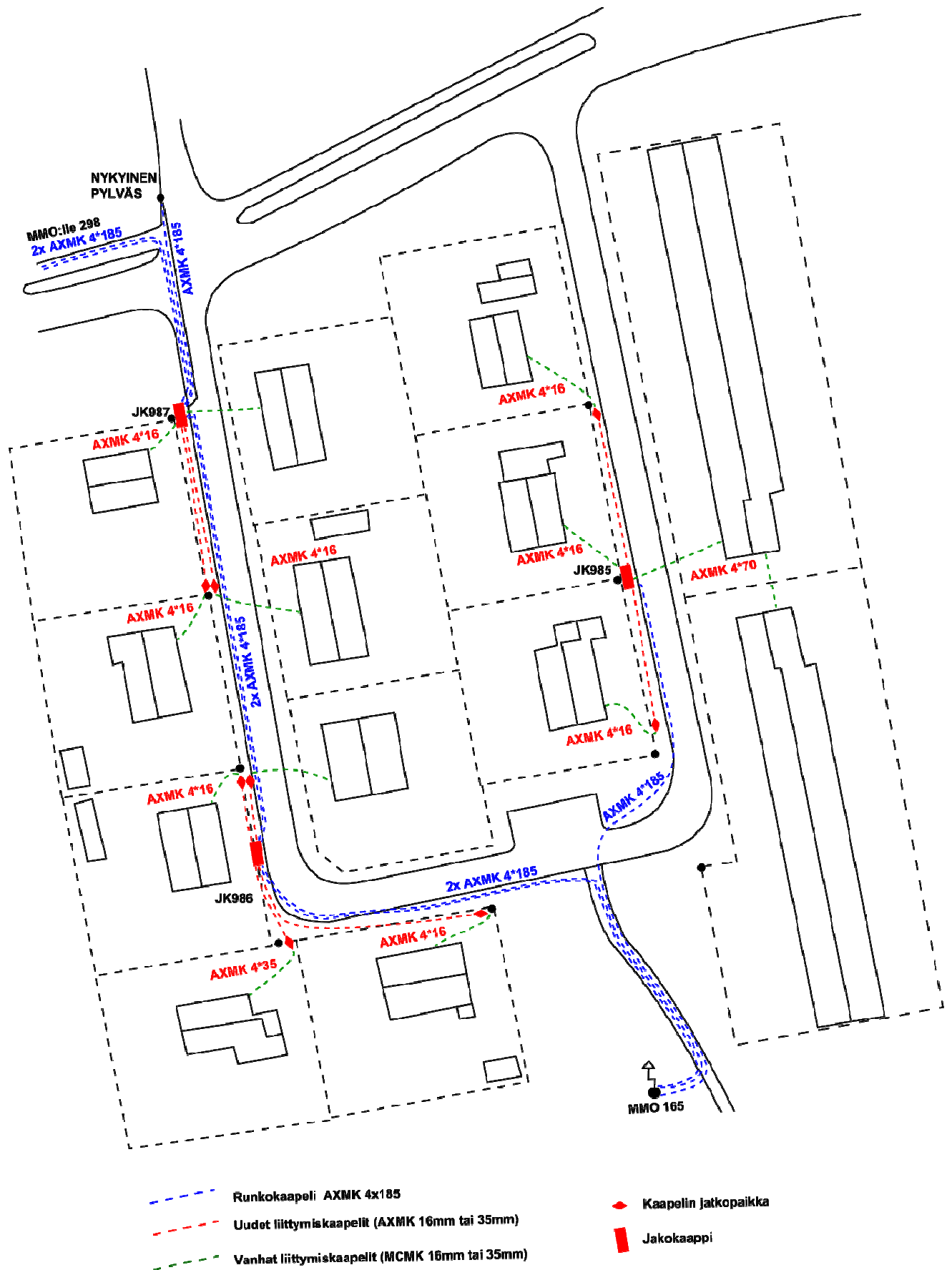
Työturvallisuuskeskus 2008. Työturvallisuus yhteisellä työpaikalla. 22. painos. 2008.
Nykpaino Oy.

Vakiorakenteet 2011. Headpower Oy. <http://www.headpower.fi>. Luettu 8.8.2011.

LIITTEET

1. Suunnitelma kuva
2. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja
3. Maan- ja tienkäyttö (Kaduilla ja yleisillä alueilla tehtävät työt)
4. Sijoittamissopimus
5. Kuvia työkohteesta ennen saneerausta
6. Kuvia työkohteesta
7. Kuvia kaapeloinnista

LIITE 1. SUUNNITELMAKUVA



LIITE 2.1. KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

PJ - KAAPELIN JA JAKOKAAPIN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA TP022				
URAKOITSIJA OY				
Tarkastuskohde				
Työn nimi	LENNKITIE JK 985		Tilaajan viite	
Muuntopiirin nimi / n:o	165		Muuntopiirin osoite	
Tarkastuskohteen työlaji			<input checked="" type="checkbox"/> 0,4 kV	<input type="checkbox"/> 1 kV
Käyttöönottotarkastus toteutetaan KTM:n päätöksen 517/1996 edellyttämällä tavalla				
Rakennuskohteessa on noudatettu suunnitelma-asiakirjoja sekä seuraavia standardeja:				
<input checked="" type="checkbox"/> SFS 6000 <input type="checkbox"/> SFS 6001 <input checked="" type="checkbox"/> SFS 6002 <input type="checkbox"/> SFS 6003 <input type="checkbox"/> SFS-EN 50423 / 50341 <input type="checkbox"/> MUU				
Turvallisuuksat saavutettu <input checked="" type="checkbox"/>				
Turvallisuuksat ei saavutettu <input type="checkbox"/>				
Tarkastuksen suorittaja				
Allekirjoitus	Hans Mönning		Pvm.	23.9.11
Selvennys	Hans Mönning			
Tarkastusmerkinnät X Kunnossa - Ei kunnossa O Ei kuulu rakenteeseen				
Mittaukset ja testaukset			Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.
1	Mittauspöytäkirja	X		Nimi
2	Eristysresistanssi / >= 1MΩ	X		
3	Suoja-/PEN-joht.jatkuvuus	X		
4	Jännitteet / V	X		
5	Kiertosuunta ja vaiheistus	X		
6	Oikosulkuvirrat / A	X		
Kaapelin tarkastus			Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.
7	Kaapelin vaippa	X		Nimi
8	Asennusalusta ja -syvyys	X		
9	Asennusetaisyydet	X		
10	Suojaputket ja -kourut	X		
11	Merkintänauha tai-verkko	X		
12	Läpiviennit	X		
13	Kaapelikiinnitykset	X		
14	Kaapelipäätteet ja -liitokset	X		
15	Kaapelijatkokset	X		
16	Taivutussäde	X		
17	Maak., lähtö- ja sul.merk.	X		
18	Kosketussuojaus	X		
19	Maadoitusrakenteet	X		
20	Mekaaniset suojat	X		
21	Kaivujäljet, pinnoitteet	X		
22	Muutosten dokumentointi	X		
23	Muut tarkastukset	X		
Jakokaapin tarkastus			Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.
24	Jakokaapin asennus	X		Nimi
25	Varokehytkimet	X		
26	Liittimet ja liitokset	X		
27	Suojaetaisyydet	X		
28	Kosketussuojaus	X		
29	Maadoitukset	X		
30	Kaapelikiinnitykset	X		
31	Lähtö- ja sul.merkinnät	X		
32	Kaaviot	X		
33	Kaapin tunnusmerkintä	X		
34	Lukitukset	X		
35	Merkkitanko	X		
36	Kaivujäljet, pinnoitteet	X		
37	Muutosten dokumentointi	X		
Huomautukset, lisäselvitykset, poikkeamat suunnitelmista yms.				

LIITE 2.2. KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

[illegible]

(c) HeadPower Oy

LIITE 3. MAAN- JA TIENKÄYTTÖ



Mikkelin kaupunki
Tekninen toimi
Yhdyskuntatekniikka ja ympäristö

**Kaduilla ja yleisillä alueilla tehtävät
työt ja alueen tilapäinen käyttö**

- ☐ Ilmoitus kadulla tehtävistä töistä
☐ Tilapäisten liikennejärjestelyjen päätös
☐ Alueen tilapäinen käyttö

Vastaanotettu: _____

Hakemus

Hakija (työstä vastaava)	Nimi		LY-tunnus		
	Osoite				
	Vastuuhenkilö		Puh.		
Työmaasta vastaava (urakoitsija)	Yritys		Puhelin		
	Nimi				
	Osoite				
	<input type="checkbox"/> Liitteenä selvitys työmaasta vastaavan ammattipätevyydestä				
Laskutustiedot	Nimi		Puh.		
	Laskutusosoite				
	Y-tunnus/hetu				
Kohteen tiedot	Käyttötarkoitus				
	Kaupunginosa	Kortteli	Tontti		
	Osoite				
Työaika/ käyttöaika	Alkaa	Päättyy	Kesto	Vk	Vrk
Aluevaraus	Alle _____ m ² 100 neliömetrin tarkkuudella				
Ilmoitus kadulla tehtävästä työstä	Liitteet <input type="checkbox"/> aiemmin hankittu sijoittamissopimus <input type="checkbox"/> suunnitelmakartta <input type="checkbox"/> tilapäinen liikennejärjestelysuunnitelma <input type="checkbox"/> tieto kaivuupaikkaan liittyvistä johtotiedoista <input type="checkbox"/> muuta				
Tilapäisten liikennejärjestelyjen päättös	Liitteet <input type="checkbox"/> suunnitelmakartta <input type="checkbox"/> suunnitelmapiiustus				
Päiväys / 20	Hakijan tai hänen edustajansa allekirjoitus sekä nimen selvennys				
Hakemus on toimitettava teknisen toimen yhdyskuntatekniikka ja ympäristö –yksikköön toimistosihteerille Hannele Kiiskille, sähköposti: hannele.kiiski(at)mikkeli.fi Postiosoite: Mikkelin kaupunki, tekninen toimi, yhdyskuntatekniikka ja ympäristö, PL 278, 50100 Mikkeli Faksi: (015) 194 3219					

25.6.2009

LIITE 4. SJOITTAMISSOPIMUS



Mikkelin kaupunki
Tekninen toimi
Yhdyskuntatekniikka ja ympäristö

Sijoittamissopimus

Vastaanotettu: _____

Hakemus

Hakija (työstä vastaava)	Nimi	LY-tunnus	
	Osoite		
	Vastuuhenkilö	Puh.	
Kohteen tiedot	Käyttötarkoitus		
	Kaupunginos	Kortteli	Tontti
	Osoite		
Liitteet	<input type="checkbox"/> suunnitelmakartta <input type="checkbox"/> tieto sijoittamispaikkaan liittyvistä johtotiedoista <input type="checkbox"/> suunnittelukohteen puiden kartoittaminen <input type="checkbox"/> muuta		
Päiväys / 20	Hakijan tai hänen edustajansa allekirjoitus sekä nimen selvennys		

Päätös

Sopimuksen hyväksyminen ja sopimusehdot	Kaupunki myöntää sijoitusluvan omistamalleen alueelle siten, että luvassa on huomioitu kaupungin omat rakenteet ja laitteet. Vastuu muiden toimijoiden rakenteiden ja laitteiden (kaapelit, kaukolämpöjohdot yms.) huomioimisesta sekä olemassa olevan kasvillisuuden huomioimisesta kuuluu luvan hakijalle.
Päivämäärä	Päätöksen tekijän allekirjoitus ja nimen selvennys

Hakemus on toimitettava teknisen toimen yhdyskuntatekniikka ja ympäristö –yksikköön toimistosihteerille Hannele Kiiskille, sähköposti: hannele.kiiski(at)mikkeli.fi
 Postiosoite: Mikkelin kaupunki, tekninen toimi, yhdyskuntatekniikka ja ympäristö, PL 278, 50100 Mikkeli
 Faksi: (015) 194 3219

LIITE 5. Kuvia työkohteesta ennen saneerausta



Kuvassa vanha ilmajohtoverkko



Pylväissä myös katuvalot

LIITE 6. Kuvia työkohteesta



Sähkö- ja telekaapit (vasemmalla sähkökaappi)



Runko- ja liittymiskaapelit pujotettuna jakokaappiin

LIITE 7. Kuvia kaapeloinnista



Kaapelit kaapeliojassa



Kaapelointia



Kaapelimerkinnot rakennusvaiheessa